Conseil des sciences du Canada

Science Council of Canada

SERIE «STRATEGIES SECTORIELLES EN MATIERE DE TECHNOLOGIE»

N° 8

Les métaux non ferreux au Canada

SÉRIE «STRATÉGIES SECTORIELLES EN MATIÈRE DE TECHNOLOGIE»

N° 8 LES MÉTAUX NON FERREUX AU CANADA

Conseil des sciences du Canada
100, rue Metcalfe
Ottawa (Ontario)
Canada K1P 5M1

N° de catalogue : SS25-1/8-1992F
N° d'ISBN : 0-662-97349-6
© Ministre des Approvisionnements et Services, 1992

92-07674/

Table des matières

Faits saillants v
Historique de la série «Stratégies sectorielles en matière de technologie» vii
Commentaire sur la série «Stratégies sectorielles en matière de technologie» et sur les objectifs de la R-D viii
Liste des rapports de la série «Stratégies sectorielles en matière de technologie» x
Remerciements xi

Introduction 1

Aperçu du secteur mondial des métaux non ferreux 2
- Le secteur mondial des métaux non ferreux 2
- Le marché mondial des métaux non ferreux 3

L'évolution de la concurrence dans le secteur mondial des métaux non ferreux 6
- La concurrence des pays à faibles coûts de production 6
- La concurrence des produits à valeur ajoutée 6
- La concurrence des produits de substitution 9

Aperçu du secteur canadien des métaux non ferreux 11
- L'exploitation minière 15
- La fonte et l'affinage 15
- La semi-finition 17

Les stratégies en matière de R-D et de technologie dans le secteur canadien des métaux non ferreux 19
- La R-D dans le secteur public 22
- La R-D au Canada, par segment de l'industrie 23
  - L'exploitation minière 23
  - La fonte et l'affinage 25
  - La semi-finition 26
- La R-D dans les domaines des nouveaux produits et de la valeur ajoutée en aval 26

Les possibilités de R-D dans le secteur canadien des métaux non ferreux 28
- L'exploitation minière 28
- La fonte et l'affinage 29
- La fabrication et la mise au point de produits 30

La formulation d'un plan d'action : trois points de vue 32

Conclusion 34

Annexe — Cadre d'analyse des stratégies en matière de technologie 35

Notes 37

Tableaux

Tableau 1. Croissance de la consommation de métaux, de l'intensité d'utilisation et du produit intérieur brut dans le monde occidental, 1960-1973 et 1973-1985 4

Tableau 2a. Production mondiale de métaux non ferreux affinés et parts respectives du Japon et du Canada, 1988 7

Tableau 2b. Production mondiale de métaux non ferreux affinés et parts respectives du Japon et du Canada, 1990 7

Tableau 3. La semi-finition dans le secteur japonais des métaux non ferreux, 1988 8

Tableau 4. Production canadienne de certains minéraux importants et rang dans le monde, 1990 12

Tableau 5. Principales entreprises canadiennes de métaux non ferreux, 1990 14

Tableau 6. Données financières et données sur l'emploi pour quatre grandes entreprises canadiennes de métaux, 1981 et 1990 15

Tableau 7. Dépenses en R-D des producteurs canadiens de minéraux, par type, 1989 et 1990 20

Tableau 8. Chiffre d'affaires des entreprises de métaux non ferreux et sommes consacrées à la R-D et à l'exploration, 1990 22

Tableau 9. Ventilation des dépenses en R-D par fonction de production, 1988 23

Faits saillants

- Le secteur canadien des métaux non ferreux, l'un des plus grands du monde, a joué un rôle de premier plan dans le développement économique de notre pays. À l'échelle internationale, le Canada se place au premier rang pour ses exportations de minéraux et au quatrième rang des producteurs de minéraux diversifiés pour sa production de minéraux non combustibles. Dans l'ensemble, le Canada possède d'abondantes ressources minérales, et son secteur des métaux non ferreux est de classe internationale.

- Le secteur canadien des métaux non ferreux est dominé par quelques grandes entreprises d'envergure mondiale, qui, pour la plupart, sont intégrées verticalement dans toutes les étapes de la production de métaux.

- Les activités commerciales du secteur des métaux non ferreux se divisent en deux éléments stratégiques : les activités «en amont», c'est-à-dire l'exploration, la construction des chantiers miniers, l'extraction, la fonte et l'affinage, où l'accent est mis sur une production à faible prix de revient, efficace, à la fine pointe du progrès technologique et compatible avec l'environnement; et les activités «en aval», c'est-à-dire la semi-finition et la mise au point de nouveaux produits (notamment de nouveaux alliages et matériaux, et de liens avec la fabrication de produits finis), où l'accent est mis sur des produits de qualité supérieure ou possédant de meilleures caractéristiques technologiques. Jusqu'à présent, les entreprises canadiennes ont concentré leurs stratégies commerciales sur les activités en amont.

- Ces deux éléments stratégiques s'articulent autour de deux «compétences fondamentales» : l'exploration et la construction des chantiers miniers rentables, et la recherche de nouveaux matériaux prometteurs et de nouvelles utilisations des métaux existants.

- Le secteur canadien possède des compétences dans ces deux domaines, bien que celui de l'exploration et de l'exploitation minières ait connu un essor relativement plus important. En fait, le Canada est un chef de file mondial en ce domaine.

- Jusqu'à récemment, les tarifs étrangers, notamment ceux des États-Unis, frappaient davantage les produits semi-ouvrés que les concentrés de minerai. D'autres pays, en l'occurrence le Japon, imposent des tarifs sur les produits primaires pour protéger leur secteur de la fonte et de l'affinage ainsi que celui de la fabrication. Cette situation a freiné la mise au point de produits à valeur ajoutée dans le secteur canadien des métaux non ferreux. L'hésitation des entreprises canadiennes à faire concurrence à leurs propres clients a constitué un autre obstacle. Toutefois, la réduction des tarifs et l'*Accord de libre-échange entre le Canada et les États-Unis* devraient stimuler la semi-finition et la mise au point de nouveaux produits.

- La protection dont jouit le marché canadien et la faible envergure de ce marché ont entravé l'innovation et l'expansion verticale en aval. Un secteur de la fabrication plus dynamique et plus exigeant aurait davantage stimulé la R-D en vue de trouver de nouveaux produits.

- Les dépenses des entreprises canadiennes de métaux non ferreux sont peu élevées : moins de 1 p. 100 de leur chiffre d'affaires, c'est-à-dire moins que dans presque tous les pays concurrents. Toutefois, ces entreprises, dont les stratégies commerciales sont axées sur les activités en amont,

estiment que les méthodes d'exploitation minière automatisées et très productives utilisées au Canada sont la preuve que les fonds actuellement consacrés à la R-D sont suffisants.

- Le secteur canadien fait valoir que ses investissements dans l'exploration équivalent à des investissements dans la R-D parce qu'ils sont tout aussi hasardeux et nécessaires. À l'heure actuelle, la plupart des entreprises canadiennes de métaux non ferreux investissent entre deux et quatre fois plus dans l'exploration que dans la R-D. Si les frais d'exploration étaient considérés comme des dépenses en R-D, le total des investissements canadiens se comparerait à celui d'autres pays concurrents. Toutefois, vu les progrès réalisés dans le domaine des matériaux de pointe et les possibilités de substitution de matériaux qui découlent de recherches faites à l'étranger, on peut se demander s'il est raisonnable d'assimiler l'exploration à la R-D.

- Certaines entreprises canadiennes soutiennent qu'elles ne font pas plus de travaux de R-D en aval parce que leur expérience leur a prouvé que ce n'était pas rentable. L'un des problèmes qui se pose aux producteurs canadiens de métaux non ferreux et qui explique en partie l'échec des efforts d'expansion en aval réside dans l'absence de liens étroits entre les fournisseurs de métaux et les utilisateurs innovateurs en aval, comme les entreprises du bâtiment, les fabricants de pièces automobiles et les fabricants de produits électriques et électroniques. Bien que certaines entreprises canadiennes de métaux collaborent avec leurs clients à la mise au point de nouveaux produits et de nouvelles utilisations, cette coopération est relativement limitée et ne s'étend généralement pas à un échange d'actions ni même à une planification stratégique commune.

- La grande question consiste à savoir si la stratégie canadienne axée sur les activités en amont pourra continuer d'offrir des bénéfices suffisants, de contribuer à la croissance nationale et de créer des emplois.

- Il existe trois grands scénarios possibles de l'expansion future de ce secteur. Dans le scénario «traditionnel», les entreprises canadiennes continuent d'axer leur stratégie sur les activités en amont, mais augmentent leurs investissements à l'étranger. Dans le scénario de l'«intégration graduelle», chaque entreprise prend appui sur ses technologies et compétences fondamentales, mais procède à une certaine intégration en aval. Dans le scénario «en aval», les entreprises mettent au point de nouveaux produits et forgent des liens étroits avec des industries de fabrication en aval.

- Le secteur peut-il se permettre de ne pas s'orienter vers une stratégie en aval, qui, selon certains, offre les meilleures perspectives de croissance et de création d'emplois dans le secteur canadien des métaux non ferreux? Il lui faudrait alors consacrer de nouveaux investissements importants aux travaux de R-D nécessaires et à l'établissement de liens plus étroits avec les clients en aval. Cela veut dire que les entreprises canadiennes devraient s'aventurer dans un domaine qu'elles connaissent mal, au lieu de persévérer dans un domaine qui leur est familier. Les nouveaux accords commerciaux nord-américains augmentent les débouchés, mais les gouvernements peuvent également sentir le besoin d'instaurer de meilleures politiques d'appui.

Historique de la série «Stratégies sectorielles en matière de technologie»

Dans la «nouvelle» économie des années 1990, les entreprises prospères à forte valeur des pays industrialisés sont mues par l'innovation et incitées à consacrer des fonds à de nouveaux produits et procédés. Elles axent de plus en plus leurs stratégies commerciales sur des connaissances et des compétences spécialisées pour adapter leurs propres technologies clés aux marchés particuliers.

Où se situe le Canada dans ce nouveau milieu en évolution rapide, où les alliances et les relations changent constamment? La faible capacité d'innovation de l'industrie canadienne est une préoccupation du Conseil des sciences du Canada depuis 1971, année où l'organisme a fait paraître le rapport *L'innovation en difficulté*. Le Conseil a exprimé à nouveau ses inquiétudes dans sa déclaration intitulée *Innovation sectorielle*, publiée en 1987. Concentrant alors son attention sur les mesures susceptibles d'être prises au niveau sectoriel, le Conseil affirmait :

> Les milieux industriels et gouvernementaux du Canada sont de plus en plus conscients du rôle clé joué par la technologie et la R-D dans la concurrence intérieure et internationale. Le Conseil des sciences considère qu'il incombe avant tout à l'industrie de relever le calibre de la technologie et d'accroître les activités de R-D au Canada. Néanmoins, les gouvernements peuvent venir en aide aux milieux industriels dans leurs efforts pour maintenir leur compétitivité à long terme à la fois en collaborant avec des entreprises individuelles et en bâtissant un consensus sur l'élaboration de stratégies d'innovation adaptées aux divers secteurs industriels. Il ne s'agit pas, pour les gouvernements, de dire aux entreprises ce qu'elles doivent faire, mais bien de favoriser la collaboration entre celles-ci dans une perspective d'autodéveloppement. Pour parvenir à un tel consensus sur la stratégie à adopter pour un secteur particulier, il faut établir une collaboration étroite et continue avec les industries sur le rôle actuel de la technologie et de la R-D dans le secteur, sur les perspectives de développement et sur la nature des sources, des stimulis et des formes d'innovation technologique. De toute évidence, pour réussir, il faudra élaborer des stratégies d'innovation distinctes pour chaque secteur de l'industrie. Le Conseil des sciences souhaite qu'en bâtissant ce consensus, on parviendra à déterminer les priorités, à établir les domaines qui se prêtent à la coopération et à élaborer un plan d'action.

Cet énoncé s'est révélé une étape importante de la décision qu'a prise par la suite le Conseil d'entreprendre un grand projet sur les stratégies sectorielles en matière de technologie.

En 1989, à un moment où l'état de la compétitivité canadienne suscitait beaucoup de préoccupations et où l'on s'interrogeait sérieusement sur le faible niveau des dépenses brutes affectées à la recherche et au développement au Canada par rapport à d'autres pays industrialisés, Industrie, Sciences et Technologie Canada (ISTC) a accepté d'assurer la plus grande partie du financement de ce projet. ISTC a aussi choisi les secteurs sur lesquels il souhaitait que porte le projet.

Chaque rapport de la série «Stratégies sectorielles en matière de technologie» s'inspire en partie d'analyses commandées par le Conseil des sciences du Canada à des entrepreneurs; celles-ci sont conçues pour révéler la dynamique de l'innovation technologique dans le secteur et celle des stratégies des sociétés en matière de technologie. Chaque rapport a aussi bénéficié, dans une large mesure, des observations et des conseils formulés par les nombreux experts externes des milieux d'affaires, universitaires et gouvernementaux, auxquels on rend hommage dans les remerciements.

Commentaire sur la série «Stratégies sectorielles en matière de technologie» et sur les objectifs de la R-D

La série «Stratégies sectorielles en matière de technologie» porte sur 15 secteurs d'activité au Canada. À la lumière de l'analyse effectuée, le Conseil des sciences du Canada formule les commentaires suivants sur le rendement du Canada en recherche et développement (R-D) et sur l'établissement d'objectifs sectoriels de R-D.

- Regroupées par secteur, les entreprises canadiennes exécutent généralement beaucoup moins de travaux de R-D que leurs concurrents commerciaux. En pourcentage des ventes, la R-D représente, pour les entreprises canadiennes, entre le tiers et la moitié de ce qu'effectuent dans le domaine leurs principaux concurrents sectoriels sur la scène internationale. Parmi les secteurs étudiés, celui des télécommunications constitue toutefois une exception digne de mention.

- Pour certaines lignes de produits ou technologies particulières, il faut atteindre certains seuils minimaux absolus de R-D et de dépenses d'investissement avant que les efforts consentis puissent éventuellement rapporter. Il est évident que les seuils minimaux sont élevés dans certains segments de secteurs, tels que les télécommunications (commutateurs de central téléphonique), les pièces automobiles (fournisseurs de premier niveau), le pétrole et le gaz (normes des raffineries sur l'essence reformulée) et l'électronique (fonderies où l'on traite les circuits intégrés). De tels seuils absolus ne peuvent être exprimés clairement en tant que pourcentage des ventes.

- Dans la majorité des 15 secteurs étudiés, la faiblesse des sommes allouées à la R-D par les entreprises s'explique par le choix de la stratégie commerciale et technologique (qui élimine presque les entreprises canadiennes de nombreux segments de marché à plus forte valeur ajoutée), la taille relativement petite des entreprises canadiennes, le haut niveau des seuils absolus de dépenses au titre de la R-D qu'il faut consentir pour jouer un rôle prépondérant, surtout dans le domaine des stratégies technologiques novatrices, et le pourcentage de propriété étrangère dans les entreprises canadiennes (un facteur particulièrement important dans les secteurs des pièces et des véhicules automobiles).

- L'insuffisance de R-D au Canada par rapport aux autres pays n'est que l'un des nombreux facteurs qui nuisent à la compétitivité du pays. Parmi ceux-ci figurent les coûts des investissements et de la main-d'œuvre, la qualité technique, la commercialisation et la gestion. La contribution de la R-D, ou plus précisément de l'innovation technologique, est pourtant de plus en plus marquée dans l'économie mondiale, mais le Canada continue de tirer de l'arrière en ce domaine. Le faible niveau de R-D affecte tout particulièrement les secteurs canadiens qui reposent sur l'exploitation des ressources en réduisant leur compétitivité dans le cas des produits différenciés à plus forte valeur. Ces secteurs sont ainsi vulnérables aux fluctuations de prix défavorables, mais indépendantes de leur volonté, qui découlent par exemple d'une augmentation du taux de change.

- Les industries canadiennes disposent assurément d'un considérable potentiel d'accroissement de leurs investissements en R-D. Cependant, l'exploitation de ce potentiel dépend fortement de l'optique des dirigeants d'entreprises et de leur capacité d'utiliser la technologie de façon stratégique, d'accélérer le processus d'innovation dans l'entreprise, de travailler plus étroitement avec les fournisseurs et les «clients exigeants» d'un bout à l'autre de la chaîne de production, et de

se doter des ressources nécessaires pour innover davantage et faire de la R-D. Les entreprises canadiennes n'ont pas encore saisi pleinement les répercussions de la stratégie nouvelle, dite stratégie de l'«entreprise superefficace» ou du «producteur flexible». Pour adopter cette nouvelle stratégie, elles devront chercher à offrir le meilleur produit possible à leurs clients. Afin de répondre aux besoins de ces derniers, elles devront intégrer les compétences d'une main-d'œuvre aguerrie à une structure de direction souple qui stimule les initiatives de coopération, tant au sein des entreprises qu'entre les entreprises.

- Les sociétés canadiennes œuvrant dans les secteurs étudiés cherchent surtout à adopter et à adapter des technologies existantes. Elles ne font guère place aux stratégies d'innovation technologique (une fois de plus, le secteur des télécommunications fait exception à la règle) et à peine quelques-unes d'entre elles se tournent vers les stratégies de pénétration des marchés dans le but de renforcer leur position concurrentielle. Dans l'ensemble, les entreprises des 15 secteurs envisagés ne font que peu d'efforts de diversification en dehors des lignes de produits existantes, préférant plutôt accroître l'efficacité de la production.

- Les gouvernements peuvent établir des objectifs de R-D par secteur, dans l'espoir d'inciter les entreprises à accroître leur rendement, à modifier leur stratégie commerciale et à obtenir un plus grand engagement du secteur privé à l'égard de la R-D. Cependant, la R-D effectuée par le secteur privé ne sera valable que si elle s'accompagne d'un vaste ensemble d'initiatives communes des secteurs public et privé, depuis les techniques améliorées et la production accrue jusqu'au financement et à la commercialisation. L'intensification des activités de R-D ne sera productive que si elle va de pair avec une stratégie commerciale en matière de technologie plus élaborée et conçue minutieusement afin d'appuyer les objectifs commerciaux des entreprises. Sinon, ces dernières ne pourront pas rassembler les investissements complémentaires requis pour tirer profit de la R-D. C'est l'entreprise qui doit engager des ressources aux fins de la R-D.

- Il devient de plus en plus difficile d'établir des objectifs par secteur en matière de R-D, puisque des facteurs tels les progrès technologiques, les changements dans la réglementation et les restructurations commerciales ont pour effet de décloisonner les secteurs. Les grandes entreprises diversifiées qui sont au premier plan de la R-D industrielle contemporaine s'adonnent en effet à des activités de R-D qui pourraient relever de plusieurs secteurs. Citons, par exemple, la R-D dans le domaine des textiles et des matériaux réalisée par de grandes entreprises japonaises de l'acier, la R-D en électronique effectuée par les fabricants de véhicules automobiles, et la R-D sur les logiciels faite par les entreprises de télécommunications. Les gouvernements canadiens ont, à juste titre, favorisé une intensification des efforts de R-D au sein des industries du pays. Vu le rythme rapide des progrès scientifiques et des changements techniques, d'une part, et compte tenu du rôle de l'interdépendance des systèmes et de la synergie entre les techniques, d'autre part, l'établissement d'objectifs de R-D ne semble pas justifier l'effort soutenu, la coopération et, en dernière analyse, l'engagement nécessaires du gouvernement fédéral, des gouvernements provinciaux et des organismes privés.

Liste des rapports de la série «Stratégies sectorielles en matière de technologie»

N° 1	Les télécommunications au Canada
N° 2	Les pièces automobiles au Canada
N° 3	Le fer et l'acier au Canada
N° 4	Les véhicules automobiles au Canada
N° 5	Le pétrole et le gaz naturel au Canada
N° 6	Les produits pétrochimiques et les résines au Canada
N° 7	Les banques au Canada
N° 8	Les métaux non ferreux au Canada
N° 9	Les produits forestiers au Canada
N° 10	La machinerie au Canada
N° 11	Les aliments et boissons au Canada
N° 12	L'énergie électrique au Canada
N° 13	Le génie-conseil au Canada
N° 14	L'électronique au Canada
N° 15	Les logiciels et les services informatiques au Canada

Remerciements

Le Conseil des sciences du Canada remercie les personnes et organismes suivants, qui ont contribué à la préparation du présent rapport grâce aux conseils et aux renseignements qu'ils ont fournis : Canada Consulting/Cresap, Toronto; Corporate Directions Inc., Tokyo; Paul Tisdall, The Network, Ottawa; Peter McGeer, Centre ontarien de recherche sur les matériaux, Kingston; Bryn Harris, Conseil canadien de l'industrie minière sur la technologie, Ottawa; Donald Eldon et George Miller, Association minière du Canada, Ottawa; Phil Wright, Bob Telewiak et Eric Smith, Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie, Énergie, Mines et Ressources Canada. Par ailleurs, des représentants d'entreprises ou d'organismes de presque tous les segments du secteur des métaux non ferreux nous ont aimablement fait part de leurs commentaires et critiques.

Les opinions et les conclusions contenues dans le présent rapport sont celles du Conseil des sciences du Canada et ne représentent pas nécessairement celles d'autres personnes ou d'autres organismes.

Le comité du Conseil des sciences du Canada qui a dirigé le projet se composait des personnes suivantes :

John Roth, président, Systèmes sans fil, Northern Telecom (président du comité jusqu'en février 1991);
Simon J.S.W. Curry, directeur, Modélisation au niveau du système, Recherches Bell-Northern Ltée (président du comité depuis février 1991);
Morrell Bachynski, président, MPB Technologies Inc.;
Richard Bolton, directeur général, Centre canadien de fusion magnétique, Institut de recherche d'Hydro-Québec;
Richard Dillon, directeur, Alafin Consultants Ltd.;
Gerry B. Dyer, directeur de la recherche, Du Pont Canada Inc.;
J. Barry French, professeur, Institute for Aerospace Studies, Université de Toronto;
James Gilmour, directeur de l'analyse des politiques, Conseil des sciences du Canada (membre d'office);
Gordon Gow, président-directeur général, Société internationale de l'Ontario;
Janet Halliwell, présidente, Conseil des sciences du Canada (depuis août 1990; membre d'office);
Geraldine Kenney-Wallace, présidente, Conseil des sciences du Canada (jusqu'à juillet 1990; membre d'office);
Bernard M. Leduc, chef de la direction scientifique et directeur régional, Wyeth-Ayerst Research — Canada;
Guy P.F. Steed, directeur des programmes, Conseil des sciences du Canada (membre d'office);
Andrew J. Szonyi, président, Canadian Resource Management Ltd.;
Graham Taylor, directeur, Innovation et diffusion de la technologie, Industrie, Sciences et Technologie Canada;
*Hugh Wynne-Edwards, président, Terracy Corporation.

Le personnel du projet comprenait :

Rick Clayton, agent de projet et membre du comité du projet, Conseil des sciences du Canada;
Jean Reavley, attachée de recherche, Conseil des sciences du Canada;
Paula Desjardins, attachée de recherche, Conseil des sciences du Canada.

* Chargé d'assurer la liaison avec le comité pour le rapport sur les métaux non ferreux.

Introduction

L'abondance de ses ressources matérielles fait depuis longtemps la renommée du Canada. Les métaux non ferreux comme le nickel, le cuivre, le zinc et le plomb comptent parmi les ressources que le Canada a su le mieux exploiter. Ces métaux représentent des éléments cruciaux de notre commerce de marchandises et contribuent à l'excédent de notre balance commerciale. On se demande depuis longtemps si le Canada doit continuer d'exporter ses métaux non ferreux (et d'autres matériaux) à l'état brut ou sous forme semi-ouvrée, au lieu de les transformer en produits à plus forte valeur ajoutée pour le plus grand bien de l'économie canadienne et des clients étrangers.

Le présent rapport vise surtout à faire état des stratégies de développement technologique des principales entreprises; à comparer les activités de R-D du secteur à celles de nos principaux concurrents commerciaux; à indiquer les principales raisons de toute différence; et à expliquer comment ces différences influent sur la compétitivité.

Un examen minutieux des secteurs japonais et canadien des métaux non ferreux révèle des divergences profondes entre les deux et certaines des raisons qui expliquent les écarts considérables entre leurs stratégies et leurs activités de R-D. Le rapport présente, en conclusion, trois grands scénarios de l'avenir du secteur : un scénario «traditionnel» axé sur les activités en amont; un scénario d'«intégration graduelle», où la nécessité d'une certaine intégration en aval est reconnue; et un scénario «en aval», qui met l'accent sur une orientation nettement nouvelle et sur une focalisation différente pour la R-D.

Aperçu du secteur mondial des métaux non ferreux

Le secteur mondial des métaux non ferreux

Le secteur des métaux non ferreux englobe tous les minéraux métalliques à l'exception du fer. Ces métaux se divisent en trois catégories : les métaux communs comme le nickel, le cuivre, le plomb et le zinc; les métaux légers comme l'aluminium et le magnésium; et les métaux précieux comme l'or, l'argent et le platine. Les métaux ferreux ont fait l'objet d'une autre étude dans la même série (*voir* la série «Stratégies sectorielles en matière de technologie» du Conseil des sciences du Canada, n° 3 — *Le fer et l'acier au Canada*).

Les trois grandes activités du secteur des métaux non ferreux sont les suivantes :

- *L'exploitation minière* — c'est-à-dire exploration, construction des chantiers miniers, extraction et enrichissement. L'exploration désigne la recherche de gîtes minéraux et la reconnaissance et l'évaluation de ces gisements de minerai. La construction des chantiers miniers englobe tous les travaux nécessaires à l'extraction. L'extraction comprend l'abattage et le traitement du minerai et, souvent, de la roche hôte. Dans la pratique, elle englobe l'exploitation à ciel ouvert, l'abattage en carrière, le dragage des dépôts alluvionnaires et des activités mixtes comme l'attaque en surface et l'attaque souterraine ainsi que le traitement du minerai. L'enrichissement consiste à préparer mécaniquement ou à traiter le minerai pour obtenir le calibre de produit désiré, extraire les éléments indésirables et améliorer la qualité, la pureté ou la teneur d'un produit désiré.
- *La fonte et l'affinage* — La fonte transforme les concentrés en métal brut, tandis que l'affinage augmente la pureté du métal. Le métal est produit en lingots, en gueuses, en billettes et en brames.
- *La semi-finition* — la semi-finition consiste à laminer, à extruder ou à couler l'aluminium, le nickel, le cuivre, le zinc, le plomb et des alliages pour produire des feuillards, des bandes, des barres, des tiges, des poudres, des pièces de coulée, des tuyaux, des tubes et d'autres profilés. Les produits laminés et extrudés sont généralement des produits intermédiaires auxquels d'autres fabricants feront subir une transformation plus poussée. Les produits coulés sont généralement des pièces qui seront intégrées dans un produit final.

Le secteur mondial de l'exploitation minière est dominé par quelques multinationales (dont la plupart sont des sociétés privées) et par des sociétés d'État. Les multinationales peuvent avoir leur siège aux États-Unis, au Canada, en Australie, en Afrique du Sud ou dans l'un des pays de l'Europe occidentale. Elles exploitent des mines et des affineries dans le monde entier. Les sociétés d'État se trouvent le plus souvent dans des pays en développement et restent habituellement à l'intérieur des frontières nationales.

Il existe par ailleurs des milliers de petites sociétés minières dans les pays développés et dans certains des pays du tiers monde (par exemple en Amérique latine : Brésil, Chili, Mexique et Pérou). Toutefois, les petites mines produisent moins de 25 p. 100 du total mondial. Il s'agit, le plus souvent, de mines d'or, d'argent, de diamants et d'autres pierres précieuses. De plus, les petites entreprises se concentrent sur les types d'exploitation minière où les économies d'échelle ont moins d'importance.

Les activités commerciales du secteur des métaux non ferreux se divisent en deux éléments stratégiques :

1) Les activités «en amont», c'est-à-dire l'exploitation minière (y compris l'exploration, la construction des chantiers miniers, l'extraction et l'enrichissement, la fonte et l'affinage. Les compétences et la technologie exigées pour ces activités comprennent d'ordinaire la prospection géophysique, le forage, la construction des chantiers miniers et les techniques de pointe en matière de concentration, de fonte et d'affinage.

2) Les activités «en aval», c'est-à-dire la semi-finition et la mise au point de nouveaux produits (y compris les alliages et les matériaux) et la création de liens avec la fabrication de produits finis. Les compétences et la technologie exigées pour ces activités comprennent d'ordinaire la R-D portant sur de nouveaux alliages ou des matériaux prometteurs et sur de nouvelles utilisations des produits existants.

Certaines entreprises du secteur sont «intégrées», c'est-à-dire qu'elles entreprennent l'éventail complet des activités susmentionnées. D'autres tendent à se spécialiser. Au Canada, par exemple, INCO Limitée, Noranda et Falconbridge Limitée sont des sociétés intégrées qui possèdent des fonderies, des affineries et des usines de semi-finition, tandis que des entreprises comme Rio Algom et Placer Dome sont avant tout des sociétés minières.

Le marché mondial des métaux non ferreux

La demande de la plupart des métaux non ferreux tend à être concentrée dans quelques secteurs très cycliques de l'économie : le bâtiment, les biens d'équipement, les transports et les biens de consommation durables. Elle se caractérise aussi par sa volatilité. La demande de métaux tend à suivre les cycles économiques avec un décalage de douze à dix-huit mois.

Malgré ses fluctuations, le taux de consommation globale de presque tous les principaux métaux dans les pays occidentaux a grimpé rapidement entre l'après-guerre et le début des années 1970, après quoi il a chuté (*voir* tableau 1). Les taux de croissance de la demande mondiale des principaux métaux ont également décliné entre le milieu des années 1970 et 1985. La consommation de zinc dans le monde occidental a en fait baissé, et aucun des principaux autres métaux non ferreux (aluminium, cuivre et nickel) n'a été épargné[1].

Le grand ralentissement de la croissance de la demande mondiale de métaux après 1973 n'avait pas été prévu. En fait, en jusqu'en 1979, on s'attendait à des pénuries mondiales de minéraux et de matériaux plutôt qu'à une surabondance. Même après 1980 et l'effondrement de nombreux marchés de matières premières, on a eu tendance à penser que la demande de métaux connaissait simplement un autre recul cyclique, que l'économie mondiale se ressaisirait et que la croissance de la consommation de métaux reprendrait sa courbe presque exponentielle de la période précédente.

Ces suppositions ont mené les entreprises à planifier et à construire de nouvelles installations en prévision d'une reprise de la demande. Même quand ces hypothèses se sont révélées fausses, la construction des nouvelles installations s'est poursuivie pendant un certain temps. C'est ainsi qu'on a enregistré, au début et au milieu des années 1980, une importante surcapacité du secteur des métaux non ferreux, une chute des cours des métaux et une baisse marquée des bénéfices des producteurs de minéraux[2].

Après 1985, la situation s'est améliorée. La croissance des marchés mondiaux a réduit l'écart entre la capacité et la demande. En fait, il y a eu pénurie de nickel en 1989 et dans le cas du zinc et du cuivre, la capacité des fonderies a à peine suffi en 1990. Toutefois, la récession qui a frappé la plupart des pays en 1990-1991 a entraîné un autre excédent dans les secteurs canadien, américain et australien, ce qui a, une fois de plus, fait baisser les coûts et les prix. En fait, depuis le milieu des années 1960, la moyenne des prix des principaux minéraux et métaux, en dollars constants, est restée stationnaire ou a baissé, et les coûts ont chuté eux aussi[3].

Le ralentissement du secteur a été plus intense en Amérique du Nord que dans les autres pays développés. Alors que la consommation du monde occidental a, dans l'ensemble, connu une croissance marquée entre 1950 et 1974, puis une croissance plus faible dans les années 1970 et 1980, les marchés nord-américains des métaux ont enregistré une croissance très faible ou une stagnation depuis les années 1950. Cela s'explique par le fait que les coûts de production tendent à être élevés en Amérique du Nord.

Tableau 1. Croissance de la consommation de métaux, de l'intensité d'utilisation et du produit intérieur brut dans le monde occidental, 1960-1973 et 1973-1985

Métal et période	Croissance annuelle de la consommation de métaux (en %)	Changement annuel de l'intensité d'utilisation (en %)	Croissance annuelle réelle du PIB (en %)	Consommation prévue de métaux de 1973 à 1985 en supposant la même croissance qu'en 1960-1973 dans :	
				l'intensité d'utilisation* (en %)	le PIB† (en %)
Aluminium					
1963-1973	9,9	4,5	5,2		
1973-1985	1,2	-1,3	2,6	7,2	3,8
Cuivre					
1960-1973	4,6	-0,6	5,2		
1973-1985	0,4	-2,1	2,6	2,0	3,0
Nickel					
1960-1973	6,8	1,5	5,2		
1973-1985	0,9	-1,6	2,6	4,1	3,5
Zinc					
1960-1973	5,4	0,1	5,2		
1973-1985	-0,3	-2,8	2,6	2,7	2,3

Sources : Les données sur la consommation de métaux proviennent de l'ouvrage intitulé *Metal Statistics*, publié annuellement par Metallgesellschaft Aktiengesellschaft, Frankfurt, Allemagne, et du *Steel Statistical Yearbook*, publié par l'Institut international du fer et de l'acier, Bruxelles, Belgique. Les données sur le produit intérieur brut (PIB) proviennent de l'ouvrage intitulé *World Bank Data Tape: National Accounts, Prices, Exchange Rates and Population for the Period 1960-1984*, Banque mondiale, Washington, D.C., 1987.

* Cette colonne indique ce qu'aurait été le taux de croissance de la consommation de métaux entre 1973 et 1985 si l'intensité d'utilisation avait continué d'augmenter au même taux qu'entre 1960 et 1973.

† Cette colonne indique ce qu'aurait été le taux de croissance de la consommation de métaux entre 1973 et 1985 si le PIB des pays occidentaux avait continué d'augmenter au même taux qu'entre 1960 et 1973.

La part nord-américaine de la consommation de métaux du monde occidental a beaucoup décliné entre 1950 et 1987. Si l'on considère l'acier et les quatre principaux métaux — l'aluminium, le cuivre, le nickel et le zinc — c'est le nickel qui a connu le plus grand déclin (de 73 à 26 p. 100) et le cuivre qui a le moins chuté (de 53 à 30 p. 100)[4].

Une plus faible croissance du produit intérieur brut (PIB) et une consommation moins intense depuis 1973 ont influé sur la demande de métaux, mais c'est l'utilisation moins intense des métaux qui a eu le plus de retombées : le monde occidental utilise moins de métal par unité de production (*voir* tableau 1).

Malgré des reprises cycliques, les vingt dernières années ont été marquées par une offre excédentaire, une surcapacité, une production moins coûteuse des pays étrangers, la baisse des bénéfices et la fermeture d'usines dans les sous-secteurs de l'exploitation minière et du traitement des secteurs canadien et américain des métaux. Il y a toutefois eu quelques exceptions : la prospection et l'exploitation aurifères ont généralement bien fait (mais, là encore, les prix, en dollars constants, ont chuté au cours des dix dernières années), et les prix des métaux ont généralement repris vers la fin des années 1980. Néanmoins, on ne saurait parler de l'âge d'or du secteur nord-américain des métaux pour désigner la période qui s'est écoulée depuis 1973[5]. Le Canada, en particulier, a ressenti les effets néfastes d'une hausse récente du taux de change.

Pendant ce ralentissement prolongé de la croissance de la consommation de métaux dans les pays occidentaux, ce sont les producteurs marginaux (avec les prix de revient les plus élevés) qui ont souffert le plus. Dans le cas du nickel, les producteurs des pays en développement ont été les premiers à fermer leurs portes, car l'extraction du minerai de nickel sous sa forme oxydée, la plus courante dans les pays tropicaux, exige beaucoup d'énergie et de pétrole. Dans d'autres cas, les producteurs nord-américains ont été les premiers à réduire leur production[6].

Le cuivre illustre parfaitement la situation. De 1974 à 1984, la capacité de production des pays occidentaux n'a cessé d'augmenter. En 1984, elle était de 20 p. 100 supérieure à celle de 1974. En revanche, la consommation de cuivre n'a augmenté que de 11 p. 100. La capacité de production de cuivre a baissé aux États-Unis et au Canada pendant la même période.

Un facteur qui a contribué à cette réduction de la capacité nord-américaine a été l'adoption de normes environnementales plus strictes. Il ne fait aucun doute que les plafonds imposés par le gouvernement américain aux émissions d'anhydride sulfureux (SO_2) ont touché l'industrie du cuivre. Pendant les années 1980, plusieurs fonderies américaines de cuivre ont fermé leurs portes parce qu'elles ne satisfaisaient pas aux normes antipollution de l'Environmental Protection Agency[7]. Les entreprises qui ont préféré ne pas effectuer les modifications nécessaires ont dû abandonner le marché. Bien souvent, elles avaient de petites ou de vieilles installations dont la production ne pouvait justifier les gros investissements requis.

Dans de nombreux pays en développement, les gouvernements ont exploité des mines de cuivre sans trop se soucier de la demande ou de l'offre mondiale à long terme. Ce facteur, on le reconnaît, a contribué au rendement médiocre de l'industrie du cuivre. À titre d'exemple, la société d'État Zambian Consolidated Copper Mines (ZCCM) a poursuivi des objectifs sociaux, comme le maintien de l'emploi en Zambie, aux dépens de la maximisation des bénéfices[8]. ZCCM a produit sans se préoccuper des coûts, au détriment d'autres producteurs.

Fort heureusement, même les sociétés d'État des pays en développement réagissent maintenant au marché et aux préoccupations écologiques. Les subventions sont devenues un fardeau prohibitif et le financement international est parfois subordonné à l'atteinte de certains objectifs de protection de l'environnement.

L'un dans l'autre, les prix des métaux en dollars constants n'augmenteront probablement pas de beaucoup dans un avenir prévisible. Dans l'ensemble, les minéraux non combustibles restent abondants, et aucun des principaux minéraux ne s'est raréfié[9]. Qui plus est, il est peu probable que la demande de métaux non ferreux connaisse de nouveau le taux de croissance enregistré avant 1970.

L'évolution de la concurrence dans le secteur mondial des métaux non ferreux

La concurrence des pays à faibles coûts de production

Un important défi qui se présente aux secteurs des métaux non ferreux des pays développés est la concurrence des pays en développement, où les coûts de production sont peu élevés. Les producteurs des États-Unis, du Canada et de l'Europe de l'Ouest se voient graduellement évincés par les producteurs de pays où le minerai est plus riche et où les salaires sont moins élevés. On a, par exemple, assisté à l'essor de la production de cuivre, de plomb, de zinc et de minerai de fer au Brésil, au Chili et dans les pays en bordure du Pacifique. Une plus grande part du marché mondial du cuivre pourrait être comblée par le Chili, la Zambie et le Zaïre, qui, à l'exception d'un gisement très riche au Portugal, possèdent le minerai à plus forte teneur du monde. Certains pays en développement qui se concentraient jusqu'à présent sur le minerai brut procèdent maintenant à une intégration en aval pour produire de l'aluminium et de l'acier, ainsi qu'une variété de produits métalliques ouvrés et manufacturés[10].

Le faible coût de production dans les pays de l'ex-Union soviétique pourrait également présenter un défi. Ces pays pourraient tenter d'obtenir des devises fortes en augmentant leur production. Ils possèdent de grandes ressources minérales et, s'ils parviennent à surmonter les difficultés actuelles, ils pourraient finir par accaparer une bien plus grande part du marché mondial et représenter une nouvelle source de concurrence pour le secteur canadien. En revanche, les entreprises canadiennes pourraient profiter de cette situation en exportant leurs grandes compétences dans les techniques de l'exploration, de la construction des chantiers miniers et du traitement pour aider ces pays à se remettre sur pied.

La concurrence des produits à valeur ajoutée

À l'échelle mondiale, le secteur des métaux non ferreux a été un secteur de production primaire, axé sur la fabrication en série la moins coûteuse possible de produits non différenciés. Cependant, plusieurs entreprises du monde entier ont récemment commencé à concentrer une plus grande part de leurs efforts de R-D sur les produits métalliques semi-finis ou finis.

Cette tendance se manifeste au Japon plus que partout ailleurs. En fait, le segment en aval du secteur des métaux non ferreux est de plus en plus dominé par des sociétés japonaises. Le Japon possède peu de ressources minérales, mais il a un énorme marché intérieur des produits du métal. Ajouté au fait que l'électricité coûte plus cher au Japon que dans le reste du monde, cela a incité les entreprises japonaises des métaux à investir beaucoup dans la R-D en vue d'ajouter de la valeur aux minéraux et métaux primaires qu'elles achètent à l'étranger.

Au Japon, les matières brutes représentent 70 p. 100 de tous les coûts de fabrication dans le secteur des métaux non ferreux (l'énergie en représente 24 p. 100 et la main-d'œuvre, 6 p. 100 seulement)[11]. Cette dépendance des importations de métal ou de concentrés rend les entreprises japonaises des métaux relativement vulnérables aux fluctuations des prix des produits primaires. Le secteur japonais des métaux non ferreux n'en connaît pas moins une croissance régulière, stimulée par la présence de grands utilisateurs comme les industries de l'électronique et de l'automobile. Ainsi, bien que ses propres ressources minérales soient minimes, le Japon représente un important producteur de métaux non ferreux affinés (*voir* tableau 2a). En fait, ce pays produit autant que le Canada. Par

ailleurs, il consomme d'énormes quantités de concentrés de minerai et de produits affinés. C'est le plus grand importateur de concentrés de cuivre du monde, ainsi qu'un important acheteur d'aluminium et de nickel affinés. Les entreprises japonaises ont acquis une participation dans des mines et des fonderies à l'étranger.

Qui plus est, pendant la récente récession, le Japon a augmenté sa part du marché par rapport au Canada (*voir* tableau 2b).

Tableau 2a. Production mondiale de métaux non ferreux affinés et parts respectives du Japon et du Canada, 1988

Métal non ferreux	Production mondiale (en millions de tonnes)	Japon (en %)	Canada (en %)
Cuivre	11,1	8,9	9,0
Plomb	5,7	4,7	4,8
Zinc		9,3	8,0

Source : Corporate Directions Inc., *The Japanese nonferrous metals industry, industry structure and technology strategies*, rapport préparé à contrat pour le Conseil des sciences du Canada, 1990 (inédit), p. 6.

Tableau 2b. Production mondiale de métaux non ferreux affinés et parts respectives du Japon et du Canada, 1990

Métal non ferreux	Production mondiale (en millions de tonnes)	Japon (en %)	Canada (en %)
Cuivre	10,74	9,7	8,3
Plomb	5,67	5,8	3,4
Zinc	7,11	9,7	8,3

Source : Chiffres fournis par Énergie, Mines et Ressources Canada.

Les producteurs japonais de métaux profitent de la présence d'importantes industries en aval. Prenons, par exemple, le traitement du minerai de cuivre qui, en plus du cuivre, produit des scories et des sous-produits de l'acide sulfurique. La présence au Japon de marchés commerciaux pour ces sous-produits augmente la rentabilité globale des investissements japonais dans le secteur du traitement.

Dans l'ensemble, le yen s'est apprécié au cours des vingt dernières années. Cela veut dire que le coût réel des importations japonaises de matières brutes a baissé au fil des années, bien que la réévaluation du yen rende les produits finis japonais plus chers à l'exportation. Ce processus de réévaluation renforce la stratégie japonaise qui consiste à lier la production de métaux aux produits finis, car les termes de l'échange du Japon s'améliorent.

Au Japon, la semi-finition constitue une activité à grande échelle et en croissance rapide, qui approvisionne les grandes industries japonaises du secteur secondaire (*voir* tableau 3).

Une importante tendance se dessine dans le secteur japonais des métaux non ferreux, celle de la fabrication de produits à plus forte valeur ajoutée, comme les feuilles de cuivre. En plus de procurer à l'industrie japonaise de nouvelles sources de bénéfices, cette tendance la rend moins vulnérable aux

Tableau 3. La semi-finition dans le secteur japonais des métaux non ferreux, 1988

Métal non ferreux	Produit semi-ouvré	Production (en milliers de tonnes)	Utilisations finales
Cuivre	Fil	1 020,1	Fil de communication (60 % de la demande)
	Laminé	455,9	
	Autres	22,0	
	Total	1498,0	
Zinc	Total	760,2	Tôles zinguées pour carrosseries
Plomb	Éléments d'accumulateurs	188,0	Accumulateurs d'automobile (60 % de la demande)
	Tuyaux	10,9	
	Autres	94,9	
	Total	293,8	
Aluminium	Laminé	926,4	Produit presque exclusivement fabriqué à partir d'aluminium importé; pour automobiles, châssis de fenêtres et boîtes
	Extrudé	1 118,2	
	Fil	77,3	
	Total	2 121,9	

Source : Corporate Directions Inc., *The Japanese nonferrous metals industry, industry structure and technology strategies*, rapport préparé à contrat pour le Conseil des sciences du Canada, 1990 (inédit), p. 17.

fluctuations de prix des produits primaires. En outre, les Japonais exportent de plus en plus dans les pays asiatiques en pleine croissance (Taïwan, Corée, Singapour, Thaïlande).

La concentration japonaise sur les produits à valeur ajoutée confère une grande importance à la R-D. Aussi les entreprises japonaises de métaux non ferreux ont-elles beaucoup augmenté leurs investissements dans la R-D. Ceux-ci sont passés de 457 millions de dollars américains en 1981 à 813 millions en 1988. Les dépenses en R-D du secteur des métaux non ferreux ont atteint 2 p. 100 du chiffre d'affaires[12].

Le secteur japonais a beaucoup investi dans la technologie de la semi-finition. En fait, la semi-finition représente 70 p. 100 des dépenses en R-D, la fonte et l'affinage, 25 p. 100 et l'exploitation minière, 5 p. 100. Les efforts de R-D sont également concentrés sur le développement (65 p. 100 sur le développement comme tel, 30 p. 100 sur la recherche appliquée et 5 p. 100 sur la recherche fondamentale)[13]. Le gouvernement ne finance que de 5 à 10 p. 100 des travaux de R-D pour la plupart des activités de recherche fondamentale.

Au fil des années, l'équilibre entre la recherche sur les produits et la recherche sur les procédés a fluctué, mais le secteur japonais des métaux non ferreux est aujourd'hui nettement axé sur la mise au point de nouveaux produits. Dans une entrevue effectuée en préparation du présent rapport, un cadre de la société Mitsubishi Metals a résumé en ces termes la façon dont le Japon aborde la R-D : «Bien que la moitié de nos recettes proviennent d'activités commerciales traditionnelles, nous ne consacrons à celles-ci que 10 p. 100 de notre budget de R-D. Nous en consacrons 90 p. 100 à de nouveaux domaines, principalement à la mise au point de nouveaux matériaux et de nouveaux produits.»[14]

Le principal stimulant de la technologie japonaise des nouveaux produits réside dans un marché d'utilisation finale sophistiqué et en pleine expansion. Les principaux utilisateurs de métaux non ferreux comprennent les industries de l'électronique et de l'automobile. La concurrence est vive entre les grandes entreprises japonaises de métaux non ferreux, qui sont toutes des sociétés de matériaux ne se spécialisant pas particulièrement dans un produit donné. Les fournisseurs et leurs clients entretiennent des rapports d'entraide : une certaine intégration verticale de fait constitue un facteur important de la réussite japonaise. Il convient de faire grandement ressortir le caractère mutuel de ces rapports : les clients encouragent les entreprises de matériaux à mettre au point de meilleurs produits et les entreprises incitent leurs clients à les acheter. (*Voir* la série «Stratégies sectorielles en matière de technologie» du Conseil des sciences du Canada, n° 2 — *Les pièces automobiles au Canada*; n° 3 — *Le fer et l'acier au Canada*; et n° 4 — *Les véhicules automobiles au Canada*.)

Ainsi, les secteurs japonais et canadien des métaux non ferreux sont fondamentalement différents et sont stimulés par des perspectives différentes sur le plan des ressources et des marchés. Les Japonais se concentrent sur l'aval, tandis que les Canadiens orientent leurs activités sur l'amont.

Les entreprises japonaises de métaux ne sont pas les seules à poursuivre énergiquement une stratégie axée sur l'aval. La société finlandaise Outokumpu Oy en est un autre exemple. Depuis quelques années, face à l'épuisement des ressources finlandaises, Outokumpu Oy consolide sa base de ressources en amont en investissant dans des mines étrangères. Toutefois, tout comme les entreprises japonaises, la société s'est lancée résolument dans une intégration en aval pour fabriquer des produits à valeur ajoutée destinés aux marchés intérieurs et, plus important encore, à des marchés étrangers comme les États-Unis. Par ailleurs, Outokumpu Oy a mis au point une nouvelle technologie qu'elle a commercialisée dans le monde entier. Les entreprises japonaises de métaux sont peut-être celles qui se sont avancées le plus loin sur le chemin de l'intégration en aval et sur celui des nouveaux produits, mais elles ne sont pas les seules à marcher dans cette direction.

La concurrence des produits de substitution

Les marchés des métaux non ferreux sont vulnérables à la concurrence des matériaux de substitution.

Chacun des principaux métaux non ferreux a des utilisations spécialisées. Ainsi, le cuivre est surtout utilisé dans le câblage électrique en raison de sa bonne conductivité électrique. Le plomb est employé dans les piles et accumulateurs parce qu'il réagit bien avec les électrolytes chimiques. Le zinc est utilisé pour revêtir les tôles d'acier parce qu'il résiste à la corrosion. Le nickel est utilisé dans des alliages de l'acier pour la fabrication d'acier inoxydable. Dans presque tous les cas, la moitié ou plus de la consommation totale est attribuable à une seule utilisation spécialisée.

Un grand nombre d'entreprises de métaux non ferreux se sont spécialisées dans l'extraction et le traitement d'un seul métal. Même aujourd'hui, de nombreuses firmes se spécialisent dans quelques minéraux, parfois dans un seul. Citons en exemple Alcoa (États-Unis) et Alcan (Canada), qui se spécialisent dans l'aluminium; Kennecott (États-Unis), qui se spécialise dans le cuivre; Cominco (Canada), qui se spécialise dans le plomb et le zinc; et INCO Limitée (Canada), qui, comme l'indique son ancien nom, l'International Nickel Company, se spécialise dans le nickel. La spécialisation permet à une société d'acquérir des compétences poussées dans un domaine donné, mais elle la rend vulnérable aux produits de substitution.

La demande de métaux diminue depuis vingt ans, en partie sous l'effet de leur substitution par les matières plastiques, les matériaux composites et d'autres nouveaux matériaux, et aussi parce qu'on utilise des métaux plus minces. À titre d'exemple, le déclin de l'intensité de l'utilisation du cuivre peut être attribué à : a) l'emploi de fibres optiques dans les lignes téléphoniques interurbaines et les réseaux de desserte; b) l'emploi de nouveaux alliages d'aluminium pour les réseaux d'électricité; c) l'emploi

accru des tuyaux de plastique dans la construction; d) l'emploi de radiateurs en aluminium dans les véhicules; et e) la réduction du calibre des fils de câblage dans les automobiles ainsi que dans les utilisations domestiques et dans les câbles magnétiques[15]. Qui se souvient aujourd'hui que le cuivre constituait, en valeur, la plus grande exportation du Canada en 1973?

L'aluminium et le zinc subissent eux aussi la concurrence des matières plastiques, des matériaux composites, des fibres et des autres métaux, ainsi que les effets de la miniaturisation, de la réduction des épaisseurs et du perfectionnement des techniques de fabrication. La substitution des matières plastiques à l'acier dans les carrosseries réduira la demande de zinc, métal utilisé dans les revêtements antirouille.

D'importantes substitutions se sont produites dans deux automobiles japonaises et une automobile américaine. Une très grande proportion d'aluminium est utilisée dans les panneaux de carrosserie et dans le châssis de la nouvelle voiture sport Acura NSX de Honda. Bien que le prix de cette voiture soit relativement élevé, celle-ci montre les possibilités de l'emploi de l'aluminium dans les voitures de série. Un cas encore plus intéressant est celui de la Honda CRX du Japon et de la nouvelle gamme «Saturn» de General Motors. Une grande proportion de matières plastiques est utilisée dans les panneaux de carrosserie de ces automobiles qui, d'après les normes actuelles, sont relativement bon marché. Il est intéressant de noter que, pour pouvoir fabriquer des panneaux de carrosserie en plastique, il a fallu mettre au point une nouvelle technologie pour s'assurer que les feuilles de plastique seraient suffisamment rigides.

Qui plus est, les grands importateurs de matières premières (comme le Japon) ont tout intérêt à poursuivre des recherches pour stimuler la substitution. Quand un produit quelconque devient indispensable, les importateurs deviennent vulnérables à une majoration des prix par des cartels oligopoles, le parfait exemple étant la majoration des prix du pétrole par l'Organisation des pays exportateurs de pétrole (OPEP) dans les années 1970. Aussi les pays industriels qui dépendent des exportations feront-ils de leur mieux pour maximiser les possibilités de substitution.

En Amérique du Nord, en revanche, presque tous les métaux non ferreux sont facilement disponibles. N'ayant que peu de raisons de vouloir les remplacer, les entreprises de métaux non ferreux se spécialisent encore dans un produit ou deux. Toutefois, la réussite du Japon dans le secteur des métaux non ferreux semble indiquer que le vrai défi qui se pose aux entreprises nord-américaines consiste à élaborer une stratégie commerciale et technologique qui mette l'accent sur les matériaux de pointe et les nouveaux produits, et non sur la fabrication de produits primaires.

L'avenir nous réserve certainement d'autres produits de substitution, par exemple les céramiques et le titane. Les matériaux céramiques (comme le nitrure de silicium) pourraient être produits commercialement en partie à base de sable. La très grande résistance thermique des céramiques de pointe permettrait d'utiliser des moteurs adiabatiques, c'est-à-dire des moteurs qui n'exigent aucun refroidissement. Ces moteurs auraient un excellent rendement énergétique, caractéristique désirable qu'il est impossible d'obtenir au même degré avec les métaux seuls. Le fer, l'acier et même l'aluminium pourraient se voir évincés par cette technologie.

On commence seulement à explorer le potentiel industriel du titane. De nos jours, on l'emploie surtout dans des produits spécialisés à valeur élevée allant des prothèses orthopédiques aux avions à réaction. Le titane possède une stabilité inhérente qui lui permet de résister à la plupart des procédés de refaçonnage. En général, il n'est usiné que dans des fours à plasma d'arc très élaborés, un procédé très onéreux. Toutefois, ses propriétés offrent de grandes possibilités : il ne rouille pas, se déforme peu à haute température et a un rapport résistance/poids très élevé. De plus, il est très abondant au Canada et ailleurs. Si l'on pouvait trouver une forme de traitement moins coûteuse, le titane pourrait enlever des marchés au fer, à l'acier, à l'aluminium, au nickel et à d'autres produits.

Aperçu du secteur canadien des métaux non ferreux

Le secteur canadien des métaux non ferreux, l'un des plus importants du monde, a joué un rôle de premier plan dans l'essor économique de notre pays. Les entreprises canadiennes ont facilement accès aux ressources minérales intérieures, à de l'électricité bon marché et aux grands marchés voisins des États-Unis. Le Canada se place au premier rang dans le monde pour la valeur des exportations minérales et au quatrième rang des producteurs de minéraux diversifiés, derrière l'ex-Union soviétique, les États-Unis et l'Afrique du Sud, pour la production de minéraux non combustibles (*voir* tableau 4)[16]. Toutefois, au cours des dix dernières années, le Canada a perdu du terrain en raison de la hausse des coûts causée par des taux d'intérêt élevés, la vigueur de son dollar et des salaires élevés.

Le Canada est un important producteur de la plupart des métaux non ferreux. Le secteur des métaux non ferreux est le plus grand de notre industrie des minéraux. En 1988, on lui attribuait 65 p. 100 (12,5 milliards de dollars) de la valeur totale de production de minéraux non combustibles (19,2 milliards de dollars)[17]. Au Canada, le secteur des métaux non ferreux est un secteur de grande envergure.

Bien que la contribution économique de l'industrie minière et de l'industrie de la métallurgie ait baissé au Canada, tandis que celle des secteurs de la fabrication et des services a augmenté, l'exploitation minière et la métallurgie représentent encore une grande proportion du PIB (plus de 4 p. 100) et du total des exportations (13 p. 100). Dans certaines régions du pays, l'exploitation minière constitue pour ainsi dire la seule activité économique viable[18].

Le secteur canadien est dominé par quelques grandes entreprises d'envergure mondiale et intégrées verticalement dans toutes les étapes de la production des métaux (*voir* tableau 5).

Il existe également des sociétés établies dans le monde entier, notamment :

- INCO Limitée exploite une fonderie de nickel en Indonésie, et Falconbridge en exploite une autre dans la République dominicaine. Les deux fonderies traitent le minerai de nickel latéritique à l'aide d'une technologie mise au point au Canada.

- La seule raffinerie de nickel de la société Falconbridge se trouve en Norvège.

- La société Noranda exploite aux États-Unis une entreprise d'aluminium totalement intégrée qui comprend une fonderie de première fusion et plusieurs usines de laminage et de transformation.

- Alcan a d'importantes activités internationales, y compris une coentreprise avec la société Nippon Light Metals Company Ltd., au Japon.

- La société Cominco a une participation de 45 p. 100 dans la Mitsubishi Cominco Smelting Company, qui exploite la fonderie de plomb de Naoshima, ainsi qu'une participation de 40 p. 100 dans la fonderie de zinc de la société Cominco Binani Zinc Limited, en Inde. Elle a aussi des intérêts dans des entreprises des États-Unis, du Royaume-Uni, de l'Espagne et du Chili.

Outre les grandes entreprises intégrées, il existe beaucoup de petites sociétés minières qui profitent de l'appui d'une industrie dynamique et très compétitive de la cartographie et des levés. Ces petites entreprises contribuent beaucoup au secteur, notamment dans le domaine de l'exploration. À titre d'exemple, c'est la société Aur Resources qui a découvert à Val-d'Or le gisement de minerai sulfuré polymétallique de Louvicourt, plus grand gisement de ce type au Canada depuis la découverte de Kidd Creek au début des années 1960[19]. À court terme, l'investissement dans un bon gisement peut se révéler très rentable.

Tableau 4. Production canadienne de certains minéraux importants et rang dans le monde, 1990

		Classement des cinq premiers pays				
	Monde	1	2	3	4	5
Uranium (concentrés)*		**Canada**	Australie	É.-U.	Namibie	Niger
en tonnes	29 961	10 118	3 530	3 430	3 211	2 830
en % du total mondial		33,8	11,8	11,4	10,7	9,4
Zinc (production minière)		**Canada**	ex-URSS	Australie	Chine	Pérou
en milliers de tonnes	7 414	1 176	940	925	620	582
en % du total mondial		15,9	12,7	12,5	8,4	7,9
Concentrés de titane† (ilménite)		Australie	**Canada**	Norvège	Af. du Sud	Malaysia
en milliers de tonnes	5 667	1 622	1 025‡	875	700‡	460
en % du total mondial		28,6	18,1	15,4	12,4	8,1
Nickel (production minière)		ex-URSS	**Canada**	Nouvelle-Calédonie	Australie	Indonésie
en milliers de tonnes	873	210	197	89	68	54
en % du total mondial		24,1	22,6	10,2	7,8	6,2
Métaux du groupe des platinides (production minière)		Af. du Sud	ex-URSS	**Canada**	Japon	Colombie
en kilogrammes	267 646	130 635	121 304	11 210	2 177	809
en % du total mondial		48,8	45,3	4,2	0,8	0,3
Aluminium (métal de première fusion)		É.-U.	ex-URSS	**Canada**	Australie	Brésil
en milliers de tonnes	18 173	4 048	2 380	1 567	1 233	931
en % du total mondial		22,3	13,1	8,6	6,8	5,1
Plomb (production minière)		Australie	ex-URSS	É.-U.	Chine	**Canada**
en milliers de tonnes	3 405	564	500	475	341	232
en % du total mondial		16,6	14,7	14,0	10,0	6,8

Suite à la page suivante

Tableau 4 (*suite*)

	Monde	1	2	3	4	5
Cobalt (production minière)		Zaïre	Zambie	ex-URSS	**Canada**	Cuba
en milliers de tonnes	24 536	9 311	4 488	2 850	2 291	2 000
en % du total mondial		37,9	18,3	11,6	9,3	8,2
Cuivre (production minière)		Chili	É.-U.	ex-URSS	**Canada**	Zambie
en milliers de tonnes	9 173	1 588	1 578	950	802	516
en % du total mondial		17,3	17,2	10,4	8,7	5,6
Cadmium (métal affiné)		ex-URSS	Japon	Belgique	É.-U.	**Canada**
en tonnes	20 602	2 600	2 491	1 958	1 912	1 458
en % du total mondial		12,6	12,1	9,5	9,3	7,1
Argent (production minière)		É.-U.	Mexique	Pérou	ex-URSS	**Canada**
en tonnes	14 470	2 083	1 955	1 780	1 500	1 400
en % du total mondial		14,4	13,5	12,3	10,4	9,7
Or (production minière)		Af. du Sud	ex-URSS	É.-U.	Australie	**Canada**
en tonnes	1 995	601	280	272	232	165
en % du total mondial		30,1	14,0	13,6	11,6	8,3

Source : Énergie, Mines et Ressources Canada et Association minière du Canada, *Les mines au Canada — faits et chiffres*, Toronto, 1990, p. 8.

Nota : Tous les chiffres sont préliminaires.

* Total de la production à l'extérieur des anciens pays communistes.
† Données de 1988.
‡ Scories titanifères contenant 80 p. 100 de TiO_2.
§ Scories titanifères contenant 85 p. 100 de TiO_2.

Malgré leur intégration verticale, les grandes sociétés canadiennes, à part Alcan et Sherritt Gordon, se concentrent sur le segment en amont du secteur. Les activités minières représentent plus de 63 p. 100 de la valeur des expéditions du secteur, tandis que la fonte et l'affinage en représentent 27 p. 100 et la semi-finition, 10 p. 100 seulement[20].

Par ailleurs, la plupart des grandes entreprises sont spécialisées. La société Alcan, bien entendu, se spécialise dans l'aluminium; INCO et Sherritt Gordon, dans le nickel, le plomb et le zinc; et Cominco, dans le plomb, le cuivre et le zinc.

Tableau 5. Principales entreprises canadiennes de métaux non ferreux, 1990

Entreprise canadienne	Recettes mondiales (en milliards de dollars)	Exploitation minière	Fonte et affinage	Semi-finition
Alcan	10,4	X	X	X
INCO	3,6	X	X	X
Falconbridge	2,0	X	X	X
Cominco	1,4	X	X	néant
Noranda	2,7	X	X	X
Sherritt Gordon	0,3	néant	X	X

Source : Énergie, Mines et Ressources Canada et Canada Consulting Cresap, *Mining and mineral processing: in-depth analysis*, rapport préparé à contrat pour le Conseil des sciences du Canada, 1990 (inédit), pp. 17-18.

Il existe toutefois des exceptions à cette spécialisation. La société Noranda en est un parfait exemple. Jusqu'aux années 1970, Noranda se spécialisait dans le cuivre, mais elle s'est diversifiée et, aujourd'hui, le zinc constitue sa principale production. De plus, Noranda a acheté une importante participation dans la société MacMillan-Bloedel Limited, une entreprise de produits forestiers. De concert avec une entreprise européenne, elle a acquis une participation de 50 p. 100 dans Falconbridge, qui se spécialise dans des métaux différents. Noranda a également essayé de créer une nouvelle entreprise commerciale spécialisée dans le magnésium, un métal léger. Le Canada possède d'abondantes réserves de ce métal, et l'électricité nécessaire au traitement ne coûte pas cher. Noranda a aussi une filiale, la société American Racing Equipment, qui fabrique et commercialise des roues de magnésium pour automobiles à grande performance.

Le secteur canadien des métaux non ferreux a connu une croissance rapide et s'est montré très compétitif, surtout dans les années 1950 et 1960, quand les conditions étaient particulièrement propices. En revanche, au cours de la dernière décennie, le secteur a été en butte à une série de difficultés et a dû faire de nouveaux investissements massifs dans la technologie et l'équipement pour améliorer sa productivité et se conformer à la réglementation sur la protection de l'environnement. Malheureusement, ces nouveaux investissements sont nécessaires en une période où l'argent coûte cher, où les bénéfices sont très réduits et où les entreprises ont peu de liquidités.

L'image qui se dégage de la situation financière du secteur canadien des métaux non ferreux dans les années récentes et à l'heure actuelle est mixte. À titre d'exemple, selon les données tirées des rapports d'activité, le total, en dollars constants, de l'actif financier de quatre des principales entreprises stagne dans l'ensemble depuis dix ans (*voir* tableau 6). Bien entendu, toutes les entreprises n'ont pas le même système de comptabilité, et leurs états financiers ne traduisent pas toujours leur véritable actif (par exemple, un changement dans les réserves minérales exploitables). Il se peut également que les entreprises soient à des stades différents de leurs cycles d'investissement. Néanmoins, les chiffres font état d'une stagnation de l'actif réel. L'année 1991 a été particulièrement mauvaise pour le secteur : durement touchées par la baisse des prix du cuivre, du zinc, du nickel et de l'or, de nombreuses entreprises ont perdu de l'argent.

Tableau 6. Données financières et données sur l'emploi pour quatre grandes entreprises canadiennes de métaux, 1981 et 1990

Société	Chiffre d'affaires (en milliards de dollars actuels)		Nombre total d'emplois		Total de l'actif (en milliards de dollars)		Total de l'actif (en dollars constants de 1990) (en milliards de dollars de 1981)	Évolution de l'actif réel, 1981-1990 (en %)
	1981	1990	1981	1990	1981	1990		
Alcan*	5,0	8,8	67 000	57 000	6,3	10,6	7,2	+14
INCO*	1,9	3,1	32 000	19 000	3,9	4,1	2,8	-28
Falconbridge†	0,7	2,0	10 000	9 300	1,3	2,6	1,8	+38
Cominco	1,4	1,4	13 000	8 000	2,0	2,5	1,7	-15
Total			122 000	93 300	13,5	19,8	13,5	néant

Source : rapports d'activité.

* Les chiffres des rapports d'activité sont en dollars américains.
† Les chiffres de 1989 sont utilisés pour les colonnes de 1990.

Le nombre total d'emplois dans le secteur a chuté, ce qui s'explique en partie par la faible croissance de la productivité. Toutefois, le chiffre d'affaires, en dollars constants de 1981, ayant stagné lui aussi, nul doute qu'il ne s'agit pas là d'un secteur en plein essor.

Une importante question se pose : la stratégie commerciale que privilégient aujourd'hui les entreprises canadiennes, c'est-à-dire la concentration sur la production de métaux primaires en amont plutôt qu'une intégration en aval avec la fabrication de produits à plus forte valeur ajoutée, constitue-t-elle la stratégie optimale pour l'avenir?

L'exploitation minière

Le secteur minier du Canada occupe une place importante à l'échelle mondiale. Le nickel, le cuivre, l'or, le plomb et le zinc sont les principaux métaux non ferreux extraits au Canada.

Le minerai est un produit brut dont la qualité dépend de la teneur. À ce stade de la production, la concurrence est basée sur le prix, et les innovations sont axées sur la réduction du prix de revient. Les taux de salaire, l'efficacité et les technologies minières influent sur les coûts de l'exploitation minière. La main-d'œuvre représente 50 p. 100 des frais d'exploitation d'une mine moyenne, mais cette proportion peut être ramenée à 30 p. 100 dans une mine qui utilise les technologies de pointe. L'exploitation minière est capitalistique. Les autres facteurs qui influent sur les coûts comprennent la proximité des affineries et des marchés. La concurrence provient de plus en plus de pays en développement, où la main-d'œuvre coûte moins cher, de sorte que les entreprises canadiennes sont intensément poussées à investir dans les technologies optimales pour améliorer au maximum leur productivité et limiter leurs coûts.

La fonte et l'affinage

L'aluminium, le zinc, le plomb, le cuivre, le magnésium et le nickel sont les principaux métaux fondus et affinés au Canada. Les métaux fondus et affinés restent encore des produits bruts. La concurrence

est surtout basée sur le prix, ce qui pousse les entreprises à réduire leurs coûts. Les frais d'exploitation des fonderies et des affineries varient selon le métal. La fonte et l'affinage de l'aluminium et du magnésium exigent beaucoup d'énergie. Comme l'électricité ne coûte pas cher au Canada, des métaux bruts sont importés au pays pour y être traités. En gros, les frais d'exploitation se répartissent comme suit : main-d'œuvre, de 30 à 40 p. 100; matières premières, de 40 à 50 p. 100; énergie, de 10 à 20 p. 100 (dans le cas de l'aluminium et du magnésium, les coûts d'énergie sont de l'ordre de 30 p. 100).

Une étude de cas : le nickel

À de nombreux égards, les défis que doit relever l'industrie de la fonte et de l'affinage du nickel sont les mêmes que ceux qui se posent à l'ensemble du secteur canadien de la fonte et de l'affinage : une part de moins en moins grande du marché mondial, la concurrence de pays en développement où les coûts sont moins élevés, et la nécessité d'investir dans la R-D pour trouver de nouveaux produits à valeur ajoutée.

Trois entreprises canadiennes fondent ou affinent du nickel : INCO Limitée, Falconbridge et Sherritt Gordon. La fonte transforme les concentrés de nickel en métal brut, et l'affinage augmente la pureté du métal. Le nickel est surtout utilisé dans des alliages, auxquels il confère résistance, dureté, résistance à la corrosion et autres propriétés physiques. Soixante-quatre pour cent du nickel sert à la production d'acier inoxydable.

La société INCO Limitée, plus gros producteur de nickel du monde, a entièrement intégré ses activités au Canada. Le minerai de ses 17 mines de l'Ontario et du Manitoba est traité dans ses deux fonderies-affineries de Sudbury, en Ontario, et de Thompson, au Manitoba. La société Falconbridge Limitée, deuxième producteur de nickel du Canada, fond des concentrés à Sudbury. La société Sherritt Gordon Limited, qui ne possède pas de mines de nickel, achète des concentrés à diverses sources et les transforme en poudre et en briquettes de nickel à Fort Saskatchewan, en Alberta.

Dans les années 1950, le Canada produisait généralement plus de 80 p. 100 du nickel du monde occidental. Cette proportion a beaucoup baissé, et on estime aujourd'hui que le Canada produit environ le quart de tout le nickel du monde. En 1986, les expéditions canadiennes de nickel, dont 95 p. 100 étaient destinées à l'exportation, atteignaient une valeur d'un milliard de dollars environ.

Sa part du marché mondial étant passée de quelque 85 à 23 p. 100, le Canada a cessé d'être un fournisseur prédominant capable de fixer les prix. Cette évolution est attribuable à l'apparition de nouveaux pays industriels sur le marché mondial du nickel et à une plus grande présence de l'État dans le secteur au cours des années 1970 et 1980. (Aujourd'hui, l'État possède directement ou indirectement plus de 40 p. 100 de la capacité mondiale de production.)

Bien que les coûts varient selon l'emplacement, on admet généralement que les coûts des producteurs de nickel sulfuré (comme ceux du Canada et de l'Australie) sont inférieurs à ceux des producteurs de nickel latéritique (c'est-à-dire ceux des pays tropicaux). On estime que les coûts de production de ce dernier sont 1,2 fois plus élevés, en partie parce que la fonte nécessite plus d'énergie. Les frais d'énergie représentent approximativement 60 p. 100 des coûts de production du nickel latéritique, mais seulement 15 p. 100 des coûts de production du nickel sulfuré. Toutefois, s'ils disposent d'énergie hydro-électrique bon marché, les producteurs de nickel latéritique peuvent avoir un avantage concurrentiel, selon le procédé de fonte utilisé.

Un autre avantage dont jouissent les producteurs de nickel sulfuré, comme ceux du Canada, provient de l'argent qu'ils retirent de sous-produits comme le cuivre, le cobalt, les platinides et d'autres métaux précieux.

Bien qu'ils soient passés de 50 p. 100 il y a quelques années à 40 p. 100 aujourd'hui, les coûts de la main-d'œuvre représentent encore une part substantielle des frais d'exploitation au Canada. Les salaires y sont nettement plus élevés que les salaires offerts dans les pays qui produisent du nickel

latéritique, mais une main-d'œuvre bien formée, de meilleures méthodes d'extraction souterraine et des installations de traitement modernes permettent à l'industrie canadienne d'avoir des coûts de production unitaires qui restent concurrentiels.

La réglementation canadienne sur la protection de l'environnement impose des frais supplémentaires que certains producteurs étrangers n'ont pas encore à assumer. La réduction des émissions d'anhydride sulfureux exigera d'importantes dépenses en capital et fera augmenter les coûts de production des fonderies canadiennes.

La société INCO Limitée a toujours été un chef de file mondial dans la mise au point de nouveaux procédés de production et de nouvelles utilisations du nickel. Toutefois, depuis quelques années, INCO concentre ses efforts de R-D sur les nouvelles technologies d'extraction, de broyage et de fonte. Ce n'est que récemment que la société a repris ses travaux dans la mise au point des produits. La société Sherritt Gordon a été un chef de file mondial dans la mise au point de traitements hydrométallurgiques; avec son initiative WESTAIM, elle se lance maintenant dans la mise au point de produits à valeur ajoutée en aval. Sherritt Gordon et INCO sont des chefs de file mondiaux dans le domaine de la métallurgie des poudres de nickel. La société Falconbridge a concentré ses efforts de R-D sur l'amélioration de sa productivité et sur la réduction de ses émissions d'anhydride sulfureux.

Il existe aujourd'hui des produits qui peuvent se substituer au nickel dans la plupart de ses utilisations, et à long terme, les progrès rapides dans les secteurs des céramiques, du titane et des matières plastiques risquent de perturber encore davantage les marchés du nickel. L'avenir de l'industrie reposera donc sur la découverte de nouvelles utilisations et, par conséquent, de nouveaux marchés, pour les alliages de nickel. C'est pourquoi les producteurs occidentaux ont créé le Nickel Development Institute, dans le but de promouvoir les nouveaux produits du nickel et de préserver la position des produits existants[21].

La semi-finition

En 1986, les expéditions canadiennes de métaux non ferreux semi-finis atteignaient une valeur de 2,3 milliards de dollars. Les importations canadiennes étaient presque le double des exportations (919 et 558 millions de dollars respectivement). Les États-Unis ont acheté 86 p. 100 des exportations canadiennes et ont fourni 80 p. 100 des importations canadiennes[22].

Le laminage, principale forme de semi-finition, exige des installations capitalistiques qui ne sont qu'à la portée des grandes sociétés. L'extrusion et le moulage, d'autres formes de semi-finition, nécessitent moins de capitaux et peuvent être effectués de façon compétitive par les petites entreprises comme par les grandes. L'une des caractéristiques que cette industrie partage avec d'autres industries des produits de base tient au fait qu'elle repose surtout sur des articles à fort volume offrant une faible marge bénéficiaire.

Quelques grandes sociétés nord-américaines prédominent dans les sous-secteurs du laminage et de l'extrusion de l'aluminium et du cuivre. Dans le sous-secteur de l'aluminium, 84 p. 100 des expéditions sont attribuables aux quatre plus grandes entreprises. Dans le sous-secteur du cuivre, cette proportion est de 80 p. 100. Dans le sous-secteur des «autres métaux», la concentration de l'entreprise est moins forte : les quatre plus grandes sociétés ne totalisent que 31 p. 100 du chiffre d'affaires. La ventilation des frais d'exploitation est la suivante : de 50 à 60 p. 100 pour les matières premières, de 15 à 25 p. 100 pour la main-d'œuvre (la proportion est plus élevée dans le cas du moulage et de l'extrusion), et de 5 à 10 p. 100 pour l'énergie.

Le sous-secteur de la sous-finition, relativement bien établi, connaît une croissance stable à modérée depuis dix ans. Très étroitement lié aux secteurs de l'automobile, du bâtiment et des biens de consommation, il fluctue en fonction des cycles économiques.

Sauf dans le cas de certains produits comme les feuilles d'aluminium, le sous-secteur canadien utilise des séries de production relativement courtes pour fabriquer un grand nombre de produits à l'intention d'un petit marché intérieur. Les États-Unis sont le principal concurrent du Canada; les usines y sont généralement plus grandes, plus spécialisées et plus efficaces, avec des séries de production plus longue, à l'échelle d'un marché américain plus vaste.

Ce qui fait la force du Canada, c'est la présence d'entreprises qui fabriquent des produits compétitifs de grande qualité pour des créneaux bien précis du marché. Bien qu'elles soient relativement petites, les entreprises canadiennes sont en mesure de changer rapidement de gamme et de remplir des commandes dans des délais très courts. Certaines de ces entreprises se diversifient en se lançant dans de nouvelles gammes de produits, tandis que d'autres se lancent sur les marchés de l'exportation ou y prennent de l'expansion[23].

Les frais de transport entravent parfois l'accès des concurrents étrangers aux marchés nord-américains. Les produits non ferreux semi-ouvrés tendent à avoir une valeur relativement faible par unité de poids, de sorte que les frais d'expédition peuvent représenter une part importante du coût du produit livré. C'est pourquoi il est généralement plus rentable d'établir une usine à proximité d'un grand marché[24]. C'est ainsi que, sur le marché américain, les entreprises canadiennes possèdent un certain avantage sur les sociétés étrangères.

Au fil des années, deux grands facteurs ont freiné l'essor économique du secteur canadien. Le premier a été les droits étrangers à l'importation. Dans l'ensemble, les produits canadiens qui avaient fait l'objet d'un affinage plus poussé ou d'une plus grande transformation se sont heurtés à des barrières tarifaires plus élevées sur les marchés étrangers. Heureusement, l'*Accord de libre-échange entre le Canada et les États-Unis* devrait faciliter l'exportation de produits finis aux États-Unis.

Le deuxième facteur tient à la grande protection dont jouit le marché canadien et à la faible envergure de ce marché. L'absence d'un secteur de la fabrication plus dynamique et plus exigeant a entravé l'innovation et le développement en aval, et elle a peu incité à faire de la R-D sur les produits.

Les stratégies en matière de R-D et de technologie dans le secteur canadien des métaux non ferreux

Depuis les années 1960, le Canada voit diminuer sa part des marchés mondiaux des minéraux, et les entreprises canadiennes continueront de subir les pressions de la concurrence au cours de la décennie à venir.

Les minerais, les concentrés et les métaux sont des produits bruts qui se négocient sur un marché mondial. Pour être compétitive, une entreprise doit minimiser ses coûts de production. L'une des principales stratégies que doivent adopter les entreprises canadiennes pour rivaliser avec leurs concurrents doit donc consister à mettre au point des procédés innovateurs qui leur permettront d'accroître leur productivité et de concurrencer les producteurs dont les coûts de main-d'œuvre sont moins élevés. De nouvelles techniques d'exploitation minière et l'automatisation de l'équipement minier ont déjà augmenté la productivité des mines au Canada.

Par le passé, les entreprises canadiennes de l'extraction et du traitement des minéraux centraient leurs activités sur la partie en amont du secteur des métaux. Elles ont acquis des compétences hors pair dans les domaines de la prospection géophysique, de la construction des chantiers miniers, des techniques minières et de la métallurgie. En fait, ce n'est pas aller trop loin que d'affirmer que le Canada est un chef de file mondial dans ces domaines.

L'image traditionnelle du mineur qui se sert d'un pic pour haver la roche dans un filon souterrain n'a rien en commun avec ce qui se passe aujourd'hui dans les mines du Canada. Aujourd'hui, un mineur peut tout aussi bien utiliser un ordinateur. En fait, il existe une mine pilote où l'excavation souterraine est entièrement automatisée. À la surface, un technicien se sert d'un système de télévision en circuit fermé pour guider vers le front de taille une machine de forage et d'excavation télécommandée. Des ordinateurs à la surface et dans la mine analysent le gisement minéral, amènent en position les excavateurs et commandent l'abattage et le transport du minerai jusqu'à la surface.

Étant donné que l'industrie minière a connu une croissance limitée, le nombre d'emplois y a beaucoup diminué. Toutefois, les nouvelles technologies ont permis d'enregistrer d'importants gains de productivité. À titre d'exemple, INCO Limitée n'a besoin que du tiers des effectifs qu'il lui fallait il y a vingt ans. Le nombre d'employés que cette société affecte à l'excavation est passé de 24 000 à 8 000 environ.

Le Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie (CANMET) a fait faire une étude approfondie de la R-D dans le secteur canadien des minéraux en 1986-1987[25]. Cette étude a comparé le degré de R-D que le Canada consacre au secteur des métaux non ferreux à celui de sept autres pays : l'Australie, la Finlande, la France, l'Allemagne de l'Ouest, la Suède, le Royaume-Uni et les États-Unis.

Dans l'ensemble, l'étude a permis de constater que les dépenses du Canada en R-D reliée aux minéraux sont inférieures à celles d'autres pays, et qu'elles diminuent depuis quelques années, tant dans l'absolu que comparativement à d'autres domaines de la R-D. Ce déclin est confirmé dans un autre rapport préparé par Canada Consulting Cresap pour le compte du Conseil des sciences du Canada. Cette dernière étude a démontré que les dépenses du Canada en R-D sur les métaux non ferreux étaient passées (en dollars constants de 1981) de 86 millions de dollars en 1981 à 72 millions en 1988[26].

Au Japon, en revanche, le secteur des métaux non ferreux a augmenté ses dépenses en R-D, qui sont passées de 457 millions de dollars en 1981 à 813 millions en 1988 (ce qui représente environ 2 p. 100 du chiffre d'affaires du secteur). Pourtant, la production japonaise de cuivre, de plomb et de zinc n'est pas plus considérable que celle du Canada.

Il ressort de l'étude du CANMET que, sur le plan international, à quelques exceptions, le financement public et privé de la R-D dans le domaine des métaux non ferreux a diminué au cours des années 1980. Il n'en reste pas moins que le Canada se place loin derrière d'autres pays. Si l'on prend, par exemple, les dépenses en R-D par rapport au PIB *minier*, le Canada arrive au dernier rang des huit pays étudiés. Le Canada consacre à la R-D 0,5 p. 100 environ de son PIB minier, comparativement à 0,7 p. 100 pour l'Australie et à plus de 2 p. 100 pour la plupart des autres pays. De plus, pour ce qui est des dépenses effectuées au titre de la recherche fondamentale sur les métaux, le Canada s'est également classé parmi les derniers. Alors que l'Allemagne de l'Ouest consacre à la R-D 2,7 p. 100 de son PIB des métaux communs et que la Finlande lui en consacre 4,1 p. 100, le Canada ne lui en affecte que 1,4 p. 100 environ[27].

À l'automne 1990, le Conseil canadien de l'industrie minière sur la technologie a effectué une autre étude sur les sommes que les sociétés minières du Canada consacrent à la recherche, au développement et à l'exploration. Cette étude indique que les dépenses du Canada au titre de la R-D sur les métaux non ferreux ont augmenté[28]. Il reste à espérer qu'il s'agit là d'un virage important. Les entreprises qui ont participé à cette étude représentent quelque 90 p. 100 des ventes brutes de métaux précieux et minéraux non ferreux. En tout, ces entreprises ont dépensé 148,6 millions de dollars en R-D en 1990, soit 16,5 p. 100 de plus que l'année précédente. Ces dépenses représentaient 0,86 p. 100 du chiffre d'affaires brut, qui s'élevait à 17,3 milliards de dollars. Le tableau 7 indique la ventilation de leurs dépenses en R-D pour l'exploitation minière, le traitement et la fabrication.

Tableau 7. Dépenses en R-D des producteurs canadiens de minéraux, par type, 1989 et 1990

	1989		1990	
	R-D (en milliers de dollars canadiens)	En % du total	R-D (en milliers de dollars canadiens)	En % du total
Exploitation minière	32 575	25,5	45 412	30,6
Traitement	74 545	58,4	71 582	48,2
Fabrication	20 453	16,0	31 633	21,3
Total	127 573	99,9	148 627	100,1

Source : Conseil canadien de l'industrie minière sur la technologie, *Research, development and exploration spending by Canadian mineral producers: a survey*, Ottawa, 1990.

Les données montrent que les efforts de R-D se concentrent moins sur le traitement et davantage sur l'exploitation minière et la fabrication.

Les entreprises financent 90 p. 100 environ de la R-D réalisée dans l'industrie; le reste est, en grande partie, financé par le gouvernement fédéral. En 1990, 10 p. 100 environ des fonds canadiens de R-D ont été dépensés à l'étranger.

On discute beaucoup au Canada des liens qui existent entre la R-D et l'exploration. Les dépenses en exploration des entreprises interrogées s'élevaient à 446,1 millions de dollars canadiens, soit 2,6 p. 100 du chiffre d'affaires brut. Le total des dépenses a légèrement diminué par rapport à l'année précédente. L'industrie a financé plus de 96 p. 100 des activités d'exploration. Trente-quatre pour cent environ de ces dépenses ont été consacrées à des travaux d'exploration à l'étranger. Il est intéressant de noter que les dépenses en exploration de ces sociétés minières, qui correspondent à

2,6 p. 100 de leur chiffre d'affaires, sont presque le triple de leurs dépenses en R-D, qui ne représentent que 0,86 p. 100 du chiffre d'affaires. Dans l'ensemble, l'industrie canadienne reste orientée sur les produits bruts et non sur les produits à valeur ajoutée.

L'industrie canadienne maintient que ces dépenses en exploration devraient être assimilées à des dépenses en R-D. Elle fait valoir, avec raison, que l'exploration comporte de grands risques financiers, qu'elle exige une gestion habile dans un milieu incertain et qu'elle représente un investissement nécessaire dans la technologie et le savoir, autant de caractéristiques qui ressemblent de près à celles de la R-D. Si l'on englobe l'exploration dans la R-D, le pourcentage du chiffre d'affaires que représente le total des dépenses en R-D des entreprises canadiennes se compare à une combinaison équivalente des dépenses de tout pays concurrent, y compris le Japon.

Qui plus est, on peut faire valoir que les compétences du Canada dans les domaines de la prospection géophysique et des techniques en amont lui confèrent un avantage comparatif dans ces activités. En fait, une délégation canadienne au Japon a reçu apparemment des félicitations de la part des Japonais pour l'excellence des compétences canadiennes dans le domaine de l'exploitation minière en général, domaine où le Japon ne saurait rivaliser avec le Canada. Il ne fait aucun doute que l'avantage concurrentiel du secteur canadien dans les activités en amont est attribuable à sa concentration dans la prospection géophysique, à la construction des chantiers miniers et aux techniques d'extraction.

L'assimilation de l'exploration à la R-D est toutefois discutable. Il ne fait aucun doute que la recherche de nouveaux gisements minéraux doit se poursuivre pour garantir les bénéfices futurs des sociétés minières, mais il faut mettre tout cela dans un certain contexte et considérer notamment la mise au point de nouveaux matériaux de pointe et de nouveaux matériaux de substitution, laquelle découle de recherches faites à l'étranger. Dans ce contexte, l'exploration ne saurait être assimilée à la R-D.

Si le secteur a tant misé sur l'exploration, c'est parce qu'il lui fallait assurer sa survie à court terme, en une période où il disposait de liquidités limitées. De faibles bénéfices et un grand endettement ne lui ont pas permis de dépenser ailleurs. La R-D nécessaire à la prospérité à long terme a dû passer au deuxième rang.

Les grandes entreprises consacrent une plus grande proportion de leur chiffre d'affaires que les petites entreprises à la R-D, mais une moins grande part à l'exploration. C'est Alcan qui, de loin, dépense le plus en R-D. Si l'on exclut cette société des données de Canadian Consulting Cresap, les dépenses en R-D de l'industrie dans le domaine des métaux non ferreux passent de 1,0 à 0,7 p. 100 du chiffre d'affaires. Une grande partie des dépenses en R-D d'Alcan est consacrée à la mise au point de nouveaux produits pour les marchés à créneaux.

Le tableau 8 présente une ventilation plus détaillée des dépenses en R-D consacrées aux métaux non ferreux, y compris celles de quelques entreprises de moins grande envergure. Comme ce tableau l'indique, l'image qui se dégage des données de 1990 est la même dans l'ensemble et le processus se répète : les montants consacrés à la R-D représentent 1,2 p. 100 environ du chiffre d'affaires.

Près de 80 p. 100 des dépenses en R-D de l'industrie canadienne sont affectées à l'amélioration des procédés et 20 p. 100, à la mise au point des produits. Plus de la moitié des dépenses en R-D de l'industrie semblent être consacrées à l'adoption et à l'adaptation de technologies existantes (*voir* en annexe) plutôt qu'à l'innovation ou à la recherche de pointe[29].

Dans l'ensemble, le gros des efforts de R-D est concentré dans le domaine de la fonte et de l'affinage, mais les grands investissements d'Alcan dans les domaines plus en aval font pencher la balance vers la semi-finition pour l'ensemble de l'industrie (*voir* tableau 9).

Tableau 8. Chiffre d'affaires des entreprises de métaux non ferreux et sommes consacrées à la R-D et à l'exploration, 1990

Entreprise canadienne	Chiffre d'affaires (en milliers de dollars)	R-D (en milliers de dollars)	R-D (en % du chiffre d'affaires)	Exploration (en milliers de dollars)	Exploration (en % du chiffre d'affaires)
Alcan	10 406 689	175 020	1,7	s.o.	s.o.
INCO	3 626 648	56 006	1,5	53 556	1,5
Falconbridge	2 032 500	12 400	0,6	51 200	2,5
Rio Algom	1 343 111	20 000	1,5	14 920	1,1
Cominco	1 403 479	12 900	0,9	36 963	2,6
Minéraux Noranda*	2 668 000	15 200	0,6	119 000	4,5
Placer Dome	1 080 100	716	<0,1	78 900	7,3
Sherritt Gordon	345 250	7 689	2,2	—	—
Denison Mines	315 900	—	—	—	—
Compagnie minière et métallurgique de la baie d'Hudson	420 083	740	0,2	8 372	2,0
Echo Bay Mines	338 939	165	<0,1	9 977	2,9
Ressources BP	163 900	252	0,2	13 300	8,1
Cambior Inc.	138 820	—	—	12 105	8,7
Minnova Inc.	195 951	475	0,2	19 729	10,1
Nerco Minerals	45 200	—	—	467	1,0
	24 524 570	301 563	1,2	418 489†	3,0†

Sources : Énergie, Mines et Ressources Canada; *Canadian Mining Journal*, cité dans *Mining and mineral processing: in-depth analysis*», rapport préparé à contrat par Canada Consulting Cresap pour le Conseil des sciences du Canada, 1990 (inédit), pp. 27-28.

* Les dépenses en R-D de la société Noranda comprennent celles que l'entreprise consacre au Noranda Technology Centre, au consortium HDRK et à des associations.
† Ce total exclut Alcan, puisque cette société ne divulgue pas les montants qu'elle consacre à l'exploration. Toutes ses dépenses dans ce domaine sont engagées à l'étranger.

La R-D dans le secteur public

Le gros du financement fédéral de la R-D pour l'industrie minière et l'industrie des minéraux se fait par l'intermédiaire du CANMET, qui appuie la R-D dans les domaines de l'exploitation minière, du traitement des minéraux, des métaux et des matériaux. En 1986-1987, les fonds consacrés à ces quatre domaines s'élevaient à 32 millions de dollars (en dollars de 1981). Le tiers environ a servi à financer la R-D en exploitation minière et le reste, la R-D en métallurgie[30]. On ne sait pas quelle proportion de ces fonds a été affectée aux métaux non ferreux. Dix pour cent environ de l'appui accordé par le CANMET à l'exploitation minière et aux minéraux a servi à financer les ententes sur

Tableau 9. Ventilation des dépenses en R-D par fonction de production, 1988

	Exploitation minière (en %)	Fonte et affinage (en %)	Semi-finition et transformation (en %)
Sans Alcan	22	59	19
Avec Alcan	10	44	46

Source : Canadian Consulting Cresap, *Mining and mineral processing: in-depth analysis*, rapport préparé à contrat pour le Conseil des sciences du Canada, 1990 (inédit), p. 33.

l'exploitation minérale entre le gouvernement fédéral et les provinces ou territoires entre 1984 et 1991. Le budget du CANMET en R-D diminue depuis quelques années.

Le Conseil national de recherches du Canada poursuit lui aussi des recherches sur les métaux et leurs utilisations. Par ailleurs, le gouvernement fédéral appuie la recherche grâce à des subventions du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG).

Plus de la moitié du financement provincial de la R-D dans le domaine des minéraux provient du Centre de recherches minérales (CRM) du Québec, seul organisme de recherche provincial à se consacrer exclusivement à l'exploitation minière et aux minéraux. Toutefois, comme celui du CANMET, le budget de R-D du CRM diminue. Après avoir culminé à 7,4 millions de dollars en 1983-1984, les dépenses en R-D du CRM sont passées à 5,8 millions en 1987-1988 (en dollars de 1981)[31].

Des travaux de R-D dans le domaine des métaux non ferreux se poursuivent également dans les départements de génie minier et de métallurgie de plusieurs universités et collèges, dont l'Université de Toronto, l'université Queen's, l'université Laval, l'université McGill, l'université McMaster, l'Université de l'Alberta, l'Université de la Colombie-Britannique, l'Université technique de la Nouvelle-Écosse et l'École polytechnique. En 1986, les dépenses en R-D des universités et des collèges du Canada s'élevaient à plus de 20 millions de dollars[32].

La R-D du gouvernement fédéral n'est pas insignifiante comparativement au total de la R-D du secteur privé dans le domaine des métaux non ferreux. Toutefois, la principale question sectorielle de R-D qui se pose concerne la stratégie commerciale des grandes entreprises canadiennes du secteur : dans quelle direction entraîne-t-elle la R-D et quelle importance lui accorde-t-elle?

La R-D au Canada, par segment de l'industrie

Dans l'industrie canadienne des métaux, chaque étape de la production, c'est-à-dire l'exploitation minière, la fonte et l'affinage, la semi-finition et la mise au point de nouveaux produits, possède ses propres stimulants de compétitivité et de R-D.

L'exploitation minière

Un rapport préparé pour le CANMET indique que les dépenses canadiennes en R-D consacrées à l'exploitation minière et aux minéraux ont diminué dans l'ensemble pendant la première moitié des années 1980, et que c'est dans le domaine de l'exploitation minière que le déclin a été particulièrement marqué. Le rapport fait valoir que c'est là une tendance indésirable pour le Canada, étant donné que notre pays possède de bonnes ressources minérales et dépend des exportations[33]. Au Canada, la R-D minière est concentrée sur les améliorations de procédés qui permettront aux entreprises canadiennes de rivaliser avec leurs concurrents dont les coûts sont moins élevés.

D'importantes améliorations ont été apportées à l'exploitation minière au Canada, dont l'exploitation par tranches montantes (abattage en masse) et les capteurs.

Étude de cas : l'exploitation par tranches montantes (abattage en masse)
Dans les mines souterraines traditionnelles, on fore un puits jusqu'au plus bas niveau d'abattage proposé, puis on perce des galeries horizontales et des travers-bancs pour atteindre le minerai. On extrait le minerai dans les chambres d'abattage, mais on laisse en place des piliers de roche pour le soutènement. Un cycle de forage et de tir réduit le minerai en fragments, qui sont transportés jusqu'à la cheminée, où ils culbutent dans la chambre de broyage pour être broyés avant d'être remontés jusqu'à la surface. On consacre beaucoup de temps et d'effort au soutènement des aires de service, des accès et des chambres d'abattage pour prévenir les éboulements.

Il y a une dizaine d'années, INCO Limitée a été la première entreprise au Canada à utiliser l'exploitation par tranches montantes, type d'abattage en masse des grands gisements. Cette méthode d'exploitation en chambre vide est plus économique parce qu'elle nécessite moins de piliers. INCO a démontré que cette méthode comporte moins de risques et qu'elle est plus facile. Elle a permis d'augmenter la productivité de 300 p. 100 (en tonnes par personne par poste, à un coût en capital réduit). Elle concentre toute l'activité de production sur deux niveaux (le forage et l'abattage se font au niveau supérieur, tandis que le soutirage et le broyage se font au niveau inférieur, où se trouve aussi le matériel de remontée du minerai). La récupération des piliers n'est pas nécessaire parce qu'aucun pilier n'est laissé en place.

Après la réussite de ces essais, INCO Limitée a adopté l'abattage en masse dans la plupart de ses mines de nickel et de cuivre. Ajouté à la modernisation de ses installations de surface, l'abattage en masse a permis à INCO d'accroître de 65 p. 100 la productivité de sa division de l'Ontario. La société INCO estime par ailleurs que la construction de nouveaux chantiers miniers à l'aide de cette méthode peut coûter 60 p. 100 de moins. Cette stratégie innovatrice a permis à INCO de réduire ses coûts d'environ 140 millions de dollars (en dollars actuels) par an depuis 1980, ce qui correspond à une diminution de près de 20 p. 100[34].

D'autres perfectionnements de l'abattage en masse devraient amener de nouveaux gains de productivité et de plus grandes économies. Toutefois, les technologies minières ne peuvent s'appliquer qu'à des mines semblables, et l'exploitation par tranches montantes ne convient pas à tous les gisements de métaux. De même, les technologies mises au point à l'étranger peuvent ne pas convenir aux mines canadiennes. À titre d'exemple, des percées technologiques faites en Afrique du Sud dans l'extraction de l'or en profondeur ne s'appliquent pas aux mines d'or canadiennes.

Étude de cas : les capteurs
Le Canada se contente souvent d'adopter et d'adapter les nouvelles technologies des capteurs dans le secteur minier. La plupart des groupes canadiens de R-D minière tendent à acheter des capteurs de série aux États-Unis, au Japon ou en Europe. Un grand nombre des capteurs fabriqués aux États-Unis ont été mis au point pour des utilisations militaires ou spatiales et conviennent parfaitement aux conditions difficiles des mines du Canada. Toutefois, ils coûtent plus cher que les capteurs standard, de sorte qu'ils ne sont pas souvent adoptés au Canada. Une grande partie de la R-D minière au Canada vise l'utilisation de la technologie actuelle des capteurs à la surveillance, à la commande et au guidage des machines[35].

- *La surveillance* — Les capteurs servent à observer des paramètres comme le déplacement, le débit, la température et la vibration des composants. Les signaux émis par les capteurs quand ils détectent des changements dans le système sont transmis à une unité informatisée de saisie de données. Ces

données permettent d'analyser le fonctionnement des machines, les problèmes mécaniques ou le matériau (roche en place ou minerai) dans lequel fonctionne la machine[36].

- *La commande* — Les capteurs fournissent des données qu'on surveille et analyse en direct pour vérifier le fonctionnement de la machine. Si un problème est détecté, le système de commande informatisé envoie des instructions à la machine pour modifier son fonctionnement. C'est ce qu'on appelle une boucle d'asservissement[37].

- *Le guidage élaboré* — Cette forme de guidage fait appel à un degré élevé de surveillance et de commande de la machine. Dans certains cas, le système informatisé incorporé dans la machine comprend une carte qui régit le fonctionnement de la machine. Les signaux émis par les capteurs permettent à la machine de repérer sa position par rapport aux contraintes physiques du milieu. Les machines qui se déplacent dans les galeries d'une mine souterraine peuvent se servir de détecteurs aux ultrasons pour discerner les différentes largeurs et hauteurs, ce qui permet de modifier comme il convient le fonctionnement. C'est là le niveau le plus élaboré de guidage. Sa réussite dépend d'une bonne interprétation des données fournies par les capteurs de bord et les capteurs externes. Il existe peu d'exemples de ce type de système, parce que la technologie ne s'est pas encore révélée fiable[38].

- *Le guidage rudimentaire* — Ce niveau de guidage utilise des lasers, qui projettent un faisceau sur un ruban réflecteur apposé au plafond le long du parcours que l'on désire faire suivre à la machine. Des instructions sont renvoyées au système de guidage pour diriger la machine. Le Noranda Technology Centre fait des recherches sur ces systèmes de guidage optique. Son groupe de l'automatisation collabore avec le Centre canadien d'automatisation et de robotique minières (CCARM) de l'École polytechnique à la mise au point de tels systèmes pour les chargeurs-transporteurs utilisés dans les mines souterraines de cuivre de Noranda[39]. La société INCO poursuit des recherches semblables.

L'incorporation de capteurs à certaines machines de mines et l'analyse des données obtenues ont mené à une nouvelle capacité de détection. Prenons l'exemple des foreuses, dont on se sert dans les mines souterraines et les mines de surface pour percer la roche à des fins d'exploration et de chargement (utilisation d'explosifs pour réduire le matériau en fragments maniables, afin de faciliter l'extraction du minerai). Des capteurs sur la foreuse fournissent des données, y compris des détails sur le type et la dureté de la roche pénétrée, renseignements qu'il faut normalement obtenir à l'aide de techniques fastidieuses et plus coûteuses. Le CCARM étudie des techniques qui permettraient d'obtenir directement des données géologiques à partir de la surveillance du fonctionnement des machines[40].

La fonte et l'affinage

La fonte et l'affinage exigent des capitaux considérables. Une fonderie-affinerie peu polluante peut coûter 500 millions de dollars, mais n'emploie qu'un nombre relativement restreint de personnes. Les entreprises modernisent généralement leurs procédés et leurs technologies à l'aide de programmes graduels de R-D visant à réduire les coûts. Parallèlement, certaines entreprises sont en quête de la prochaine technologie de pointe pour pouvoir être en mesure d'investir judicieusement dans de nouveaux procédés quand le marché et le jeu de la concurrence seront propices. Par ailleurs, la réglementation stricte sur la protection de l'environnement oblige certains affineurs à effectuer d'importants travaux de R-D.

Les grandes entreprises canadiennes, fortes de leurs compétences hors pair, tendent à se fier à leur propre R-D interne pour mettre au point des procédés innovateurs en vue de devenir plus compétitives. La recherche sur les procédés continue d'être motivée par le désir de réduire les coûts et

d'améliorer la productivité. Le rythme de l'innovation s'est accéléré récemment, et on s'attend à ce qu'il continue d'augmenter. En conséquence, les principales affineries et fonderies consacrent une grande partie de leur budget de R-D (entre un et deux tiers) aux recherches sur la fonte et l'affinage[41].

La semi-finition

Dans l'ensemble, la technologie évolue assez lentement dans ce sous-secteur relativement bien établi de l'industrie canadienne. Les recherches sont axées sur l'amélioration des technologies actuelles à l'aide de l'automatisation, de l'informatisation, de la robotique et des méthodes de conception assistée par ordinateur (CAO) et de fabrication assistée par ordinateur (FAO).

Des programmes de R-D visant à trouver des moyens de réduire les coûts demeurent indispensables à la compétitivité des entreprises de semi-finition. De grandes sociétés de laminage comme Alcan, la Société canadienne de métaux Reynolds limitée et Noranda consacrent aussi une partie de leurs efforts internes de R-D à la mise au point de nouveaux produits. Les entreprises qui se tiennent au courant des nouveaux produits sur le marché peuvent les fabriquer plus facilement.

La R-D dans les domaines des nouveaux produits et de la valeur ajoutée en aval

Les entreprises canadiennes des métaux non ferreux soutiennent que, si elles ne consacrent pas plus d'efforts de R-D à la mise au point de nouveaux produits, c'est parce que cela ne s'est pas révélé rentable par le passé. Les dirigeants du secteur canadien des métaux non ferreux ne sont pas les seuls à avoir indiqué que les déceptions passées ne leur permettent pas de justifier de plus grands investissements dans la R-D. (*Voir*, à titre d'exemple, la série «Stratégies sectorielles en matière de technologie» du Conseil des sciences du Canada, n° 2 — *Les pièces automobiles au Canada*, et n° 6 — *Les produits pétrochimiques et les résines au Canada.*)

Toutefois, il se peut que les expériences passées n'aient rien en commun avec ce que l'avenir nous réserve. Pour commencer, l'énorme marché américain est plus accessible depuis la signature de l'*Accord de libre-échange entre le Canada et les États-Unis*. Ensuite, la tendance mondiale à la production superefficace offre aux fournisseurs de nouvelles occasions de se lancer dans la fabrication de nouveaux produits et d'assumer de plus grandes responsabilités en matière de R-D.

La production superefficace, adoptée en premier par le secteur japonais de l'automobile, explique en grande partie la compétitivité des entreprises japonaises dans ce secteur (*voir* la série «Stratégies sectorielles en matière de technologie» du Conseil des sciences du Canada, n° 4 — *Les véhicules automobiles au Canada*). Dans un système de production superefficace, les fournisseurs mettent eux-mêmes au point les composants et sous-ensembles, au lieu de se contenter de construire d'après un dessin des pièces conformes aux spécifications du monteur. Cela veut dire que les monteurs et les fournisseurs de pièces se partagent davantage les tâches techniques créatrices et, par conséquent, que les fournisseurs font d'importants nouveaux efforts de R-D (*voir* la série «Stratégies sectorielles en matière de technologie» du Conseil des sciences du Canada, n° 2 — *Les pièces automobiles au Canada*). Pour tout dire, la production superefficace mise sur le talent d'innovation des scientifiques et des ingénieurs de tous les maillons de la chaîne d'approvisionnement. Il est intéressant de noter que ce type de production superefficace rend l'industrie de l'automobile extrêmement compétitive, tout en créant de nouvelles possibilités. Qui plus est, elle est aujourd'hui utilisée dans une grande variété de secteurs, pas seulement dans celui de l'automobile.

Dans ce nouveau milieu de compétition, les fournisseurs jouent un rôle actif dans la recherche et dans la mise au point de nouveaux produits. Quelques producteurs canadiens de métaux ont réagi à

cette situation en trouvant de nouvelles utilisations à leurs métaux. Deux études de cas méritent d'être citées.

Étude de cas : les roulements de zinc en coulée continue
L'objectif de R-D du groupe des produits de la société Cominco vise à créer de nouvelles utilisations en vue de se garantir un marché pour ses minéraux. Sur une période de vingt-cinq ans, Cominco a mis au point son procédé de coulée continue de lingots de zinc. La société a investi un million de dollars environ sur une période de trois à quatre ans, et elle a affecté une équipe technique de trois ou quatre chercheurs à temps plein à la mise au point d'une barre de zinc qui pourrait être fabriquée à l'aide de cette technologie de coulée continue. Les barres de zinc en coulée continue de Cominco remplacent certains roulements de cuivre dans des utilisations à vitesse faible et à charge lourde. Les roulements de zinc résistent davantage à l'usure et coûtent moins cher que les roulements de cuivre. Un personnel spécial d'exploitation des marchés commercialise ce produit par l'intermédiaire d'agents extérieurs. La valeur de l'ensemble du marché se situe entre 50 et 100 millions de dollars par année.

Étude de cas : le procédé de fabrication Nocolok
Le procédé Nocolok sert à joindre par brasage les matériaux d'aluminium. La société Alcan a mis au point ce procédé et l'a fait breveter pour remplacer le brasage au bain de sel, qui est corrosif et onéreux. Le procédé Nocolok a rapporté à Alcan des recettes tirées de contrats de licence, a rehaussé l'image de l'aluminium dans l'industrie de l'automobile et s'est traduit par une augmentation du chiffre d'affaires. Bien qu'il soit surtout utilisé dans l'industrie de l'automobile, on s'en sert également dans le secteur de la réfrigération (condensateurs, évaporateurs, joints de tuyaux), dans celui des échangeurs thermiques (radiateurs, faisceaux, refroidisseurs d'huile, refroidisseurs d'air) et dans celui de l'équipement électrique (puits thermiques, résistances chauffantes). Alcan a investi quelque cinq millions de dollars dans la R-D pour mettre au point ce procédé. Un contrat de licence a été signé avec 35 fabricants et constructeurs, dont les sociétés General Motors et Nippondenso.

Les possibilités de R-D dans le secteur canadien des métaux non ferreux

Grâce à l'abondance des ressources minérales qui existent au Canada, le secteur des métaux non ferreux qui s'y est développé est de classe mondiale. De nouvelles perspectives pourraient maintenant se présenter à ce secteur, vu l'épuisement des gisements minéraux de quelques pays concurrents qui ont été des chefs de file dans la production minérale et les technologies connexes (les États-Unis, par exemple). De nouveaux concurrents commencent à surgir, mais il s'agit surtout de pays qui ne possèdent pas encore d'organismes de recherche minérale, ni de programmes d'enseignement en exploitation minière, en traitement et en métallurgie, ni de compétences comparables à celles du Canada.

Le Canada est bien placé pour lancer et réaliser des travaux de R-D dans le domaine des métaux non ferreux et pour innover. Les entreprises canadiennes de métaux sont capables de fournir les compétences techniques, le savoir-faire pratique et les moyens techniques pour les essais et le développement sur place. De nombreuses universités canadiennes comptent des départements de génie minier et de métallurgie qui poursuivent des recherches fondamentales et appliquées et forment les générations futures d'experts. En fait, le Canada a parfois commercialisé dans le reste du monde les compétences qu'il possède dans les domaines de la construction de chantiers miniers, de l'exploitation minière et du traitement des minéraux.

Mais peut-on affirmer que le Canada exploite ces avantages judicieusement et au maximum? L'industrie canadienne investit peu dans la R-D sur les minéraux, et ces investissements étaient à la baisse jusqu'à récemment. L'appui du gouvernement est lui aussi limité, mais sans un plus fort engagement et une plus grande participation de l'industrie, on voit mal ce que le gouvernement pourrait faire de plus. En 1987, les montants consacrés à la R-D par le secteur canadien des métaux non ferreux ne représentaient que la moitié de la moyenne des pays de l'Organisation de coopération et de développement économiques. Il faut souligner que les entreprises canadiennes du secteur des métaux non ferreux, contrairement à celles d'un trop grand nombre d'autres secteurs, ont les moyens de financer d'importants travaux de technologie.

L'exploitation minière

La nouvelle technologie de l'exploitation en continu, qui sera probablement la prochaine grande percée, devrait offrir des possibilités. L'exploitation en continu utilise des méthodes non explosives pour la fragmentation de la roche et pour le transport continu des fragments de roche jusqu'à la chambre de broyage. Elle exigera la mise au point de nouvelles machines et de nouvelles technologies de havage.

Un grand nombre de nouvelles technologies de havage qui utilisent la chaleur, des projectiles, des ondes soniques, des agents chimiques, des lasers, des jets d'eau et d'autres moyens ont été mises à l'essai, mais aucune n'a donné entière satisfaction dans la pratique. Plusieurs machines sont mises au point pour cette nouvelle technologie de havage, mais les travaux les plus intéressants n'ont pas encore été communiqués au grand public. Une percée dans cette technologie pourrait transformer radicalement la nature de l'industrie minière[42].

L'exploitation en continu dans la roche dure est étudiée par le consortium HDRK, créé par INCO, Falconbridge et Noranda. HDRK se concentre sur les recherches à long terme et sur la mise au point de méthodes et de matériel d'exploitation minière, lesquels exigent d'énormes capitaux. En 1988, le budget de HDRK s'élevait à 2,8 millions de dollars[43].

D'autres possibilités se présenteront dans la R-D touchant l'environnement. Depuis quelques années, on se préoccupe beaucoup des dégâts que les industries du secteur causent au milieu naturel. Au cours des dernières années, entre 25 et 30 p. 100 de toute la R-D effectuée au Canada dans le domaine des minéraux ont été motivés par la réglementation sur la protection de l'environnement. L'un des plus graves problèmes est celui du drainage minier acide, qui est simple à décrire, mais difficile à résoudre. Exposés à l'oxygène et à l'humidité, les stériles et rejets sulfurés s'oxydent pour former des acides, qui lessivent ensuite les métaux lourds et les entraînent jusqu'aux eaux réceptrices. Il est possible de maîtriser le problème en recueillant et en traitant les effluents pendant l'exploitation d'une mine, mais personne ne possède encore les connaissances suffisantes pour garantir la gestion économique, stable, à long terme et sans danger des matériaux de rebut après la mise hors service de la mine. Certaines mines abandonnées depuis des années peuvent tout d'un coup produire un drainage minier acide. Les évaluations préliminaires indiquent qu'il existe au moins 15 000 hectares de déchets miniers et stériles produisant des acides, principalement à l'endroit des mines en exploitation. Les vingt prochaines années pourraient nous en apporter une quantité égale. La stabilisation des dépôts actuels et des nouveaux dépôts pourrait coûter plus de trois milliards de dollars au cours des vingt prochaines années[44].

À plus long terme, l'emploi de la biotechnologie pourrait offrir de nouvelles possibilités sur le plan de l'exploitation minière et de l'enrichissement. À l'heure actuelle, l'industrie des métaux non ferreux utilise surtout des procédés physiques. La biotechnologie est utilisée pour résoudre les problèmes écologiques et, dans une certaine mesure, pour la lixiviation en tas de l'or. Les entreprises minières du Canada devraient profiter des compétences du CANMET en biotechnologie minière et tirer parti des débouchés que la biotechnologie peut offrir.

Bien qu'il s'agisse d'une stratégie commerciale qui n'est pas liée à la R-D, les entreprises canadiennes pourraient envisager de faire de leur unité d'exploration une entreprise autonome ou une filiale. Dans une certaine mesure, cela se produit déjà. En fait, un grand nombre de travaux d'exploration des grandes sociétés minières se font en conjonction avec les travaux de base des petites entreprises minières, auxquelles on doit un grand nombre des découvertes de minerai des vingt dernières années, ou à la suite de ces travaux. Vu la réputation méritée du Canada dans les services géophysiques, ces entreprises autonomes ou filiales devraient prospérer sur les marchés de l'exportation. Cela ferait parallèle, dans une certaine mesure, à ce qui s'est passé dans les secteurs du pétrole, du gaz et de l'électricité (*voir* la série «Stratégies sectorielles en matière de technologie» du Conseil des sciences du Canada, n° 5 — *Le pétrole et le gaz naturel au Canada*, n° 12 — *L'énergie électrique au Canada*, et n° 13 — *Le génie-conseil au Canada*).

La fonte et l'affinage

Dans le domaine de la fonte et de l'affinage, une avenue intéressante de R-D est la mise au point de technologies hydrométallurgiques qui puissent faire complément aux procédés pyrométallurgiques classiques. L'utilisation de la technologie hydrométallurgique pour la fonte et l'affinage s'est faite plus lentement qu'on ne l'avait d'abord prévu, parce que dans de nombreux cas, cette technologie coûte trop cher. Elle pourrait toutefois augmenter la récupération de sous-produits, comme l'argent dans les gisements de zinc. Pour le moment, les cours relativement bas de l'argent ne permettent pas d'envisager des techniques de corécupération. De nombreuses entreprises peuvent donc trouver trop hasardeux d'investir dans de nouvelles technologies d'affinage. Le véritable défi consiste à mettre au point une nouvelle génération de procédés hydrométallurgiques ou pyrométallurgiques qui puissent donner des produits satisfaisants avec le minimum d'émissions, d'effluents et de déchets solides, afin

de respecter les normes de protection de l'environnement et d'aborder de front la question du recyclage.

Étude de cas : l'indium
L'indium est un métal blanc utilisé dans le secteur de l'électronique pour des produits comme les écrans de téléviseurs et les calculatrices. La société Falconbridge a trouvé des matériaux riches en indium dans les résidus de traitement de ses mines de Kidd Creek, achetées en 1986. En 1987, l'équipe de R-D interne de Falconbridge a lancé un projet visant à récupérer l'indium des mines de cuivre et de zinc de Kidd Creek. La société a tenté d'acheter une technologie de traitement, sans en trouver une qui était aussi avancée qu'elle le désirait. Sur une période de deux ans, elle a consacré 2,5 millions de dollars à la mise au point d'un processus et à la construction d'une usine pilote. Ses scientifiques et ingénieurs ont mis au point ce qu'ils estiment être la meilleure technologie de récupération d'indium du monde. La société construit maintenant, à un coût se situant entre 20 et 22 millions de dollars, une nouvelle usine qui, en plus de produire de l'indium, permettra d'augmenter le taux de récupération du cuivre, du nickel et du zinc.

Dans le cadre d'un contrat de trois ans, Falconbridge vendra son produit à l'Indium Corporation of America (ICA) en échange d'information sur les marchés. Les coûts de commercialisation et de distribution seront basés sur un pourcentage du chiffre d'affaires. L'indium est produit par plusieurs petites entreprises pour être vendu à des revendeurs comme l'ICA, qui achètent des métaux impurs et les affinent avant de les revendre. En 1987, le marché mondial de l'indium se chiffrait à quelque 10 millions de dollars. La société Falconbridge estime pouvoir accaparer 30 p. 100 de ce marché.

Cet exemple montre qu'une entreprise peut réduire le coût et les risques de la pénétration de nouveaux marchés. Plus précisément, Falconbridge a recours à une entente à court terme avec un distributeur au lieu de s'exposer aux risques d'un investissement initial dans une infrastructure de vente, de commercialisation et de distribution. En outre, un contrat à court terme donne à la société le temps d'en apprendre davantage sur le marché, la concurrence et la clientèle.

La fabrication et la mise au point de produits

Le plus grand problème qui se pose au secteur canadien des métaux non ferreux est la possibilité que certaines utilisations de métaux communs soient rendues désuètes par des matériaux de substitution. À titre d'exemple, l'aluminium a déjà remplacé le cuivre dans de nombreuses utilisations. Une stratégie de mise au point de produits à valeur ajoutée contribuerait à moins dépendre des marchés des produits bruts :

> L'un des aspects frappants de l'économie canadienne, rare pour un pays industrialisé, est l'absence de liens entre le secteur des ressources naturelles et les industries qui reposent sur les produits finis. [...] En plus de limiter les possibilités d'emploi au Canada, l'incapacité de se doter des moyens d'ajouter de la valeur aux produits de base fait qu'il est plus difficile aux producteurs canadiens de minéraux de s'adapter à l'incertitude des marchés[45].

Pour les entreprises canadiennes de métaux non ferreux, le moyen logique de faire des investissements rentables dans la mise au point de nouveaux produits consiste à nouer des liens avec des clients en aval, par exemple avec des sociétés du bâtiment et des entreprises de fabrication (fabricants de pièces automobiles, d'accumulateurs, de matériel électrique et électronique, etc.). De tels liens devront être étroits et aller d'une planification stratégique commune à des fusions et à des acquisitions.

Certaines entreprises s'orientent déjà dans cette voie. Un parfait exemple est celui de la société INCO. Les poudres de nickel représentent une part mineure, mais croissante, de la production totale de cette société. Ces poudres servent à la fabrication de catalyseurs spéciaux, de métaux durs, de pièces en acier allié et de batteries. Depuis quelques années, l'évolution rapide des marchés et de la technologie menace le marché des poudres d'INCO. À titre d'exemple, la conception des batteries a évolué, et l'on trouve aujourd'hui des batteries à électrodes de lithium. INCO a créé une unité commerciale autonome, la société INCO Specialty Powder Products, pour intégrer les activités de commercialisation, de production et de recherche. En 1990, INCO a consacré quatre millions de dollars à la R-D dans le domaine des produits spéciaux en vue d'adapter ses poudres et de satisfaire les besoins futurs de ses clients dans le monde entier.

Certaines entreprises de métaux non ferreux collaborent en fait avec leurs clients à la mise au point de nouveaux produits. Il suffit de considérer que de grandes entreprises canadiennes du secteur des pièces automobiles, qui n'investissaient pratiquement rien dans la R-D il y a dix ans, y consacrent aujourd'hui entre 2 et 5 p. 100 de leur chiffre d'affaires. Cela laisse supposer qu'il existe un bien plus grand nombre de possibilités.

Les liens avec des entreprises en aval offrent de grandes perspectives de croissance aux entreprises canadiennes de métaux non ferreux. Qui plus est, les activités d'exploitation minière et de fonte de ces entreprises semblent leur fournir les liquidités nécessaires au financement de nouveaux efforts de développement technologique, tandis que les entreprises canadiennes d'autres secteurs en aval, par exemple ceux des pièces automobiles, de l'outillage et de l'électronique, manquent de capitaux et doivent emprunter (*voir* la série «Stratégies sectorielles en matière de technologie» du Conseil des sciences du Canada, n° 2 — *Les pièces automobiles au Canada*, n° 10 — *La machinerie au Canada*, et n° 14 — *L'électronique au Canada*).

L'un dans l'autre, l'intensification des activités dans le segment des nouveaux produits (en aval) représente la meilleure stratégie que le secteur des métaux non ferreux puisse adopter pour prendre de l'expansion, augmenter ses bénéfices et créer des emplois. Par le passé, les tarifs élevés imposés par les pays étrangers, notamment les États-Unis, aux produits semi-ouvrés et finis ont dissuadé le secteur d'investir dans la mise au point de produits à valeur ajoutée. La récente tendance à la baisse des tarifs et l'*Accord de libre-échange entre le Canada et les États-Unis* devraient éliminer un grand nombre de barrières aux exportations canadiennes de produits semi-ouvrés et de nouveaux produits. Pour élaborer une telle stratégie, le secteur devra toutefois consentir de nouveaux investissements, tant pour effectuer la R-D nécessaire que pour nouer des liens avec les clients en aval[46].

La formulation d'un plan d'action : trois points de vue

Il existe, en gros, trois points de vue différents quant à l'essor futur du secteur[47]. Chacun de ces points de vue suppose un scénario de R-D différent :

- *L'approche traditionnelle* — Selon ce point de vue, les entreprises devraient continuer de faire ce qu'elles font bien, autrement dit se concentrer sur les activités en amont comme l'exploitation minière et l'extraction. Cela signifie que les entreprises devront investir davantage dans les activités minières à l'étranger pour occuper une place forte sur les marchés mondiaux. L'exploration et la construction des chantiers miniers constituent actuellement les points forts des entreprises canadiennes. Elles devraient continuer d'axer leur essor sur ces activités et sur leurs compétences fondamentales, où la priorité de la R-D est plutôt faible. L'approche traditionnelle comprend également l'hésitation à entrer en concurrence avec ses propres clients. Les producteurs de zinc, par exemple, ne se lancent pas dans la coulée du zinc sous pression. Toutefois, dans ce scénario, les entreprises de métaux continuent de répondre aux besoins généraux des clients. Citons en exemple les ébauches semi-ouvrées de la société INCO pour ailettes de turbomachines. Les clients s'occupent de la finition des ébauches produites par INCO. En s'arrêtant à ce stade de la production, la société peut continuer de vendre ses produits semi-ouvrés à tous les grands constructeurs de réacteurs.

- *L'intégration graduelle* — Ce point de vue appuie une stratégie axée sur les activités en amont, mais accorde plus d'importance à la mise au point de produits à valeur ajoutée et à la nécessité d'une plus grande intégration aux activités en aval. Cette approche met l'accent sur des progrès graduels dans les technologies et les compétences fondamentales existantes, avec quelques petites acquisitions et alliances dans les limites du noyau d'activité. Elle accorde une plus forte priorité à la R-D. Un bon exemple est celui de Noranda : cette société, qui met l'accent sur les produits à plus forte valeur ajoutée, a acheté l'American Racing Equipment Company, est à la recherche de coentreprises et d'alliances stratégiques, y compris avec d'autres sociétés minières internationales, a entièrement intégré sa division de l'aluminium, a produit des poudres de zinc pour piles sèches (produit à valeur ajoutée très exigeant) et a mis en place un programme de R-D sur les produits du zinc et leurs utilisations.

- *Miser sur l'aval* — Un troisième point de vue veut qu'on prenne nécessairement appui sur les activités en amont, tout en mettant l'accent sur l'expansion en aval, grâce à des alliances et à des acquisitions en dehors des activités et des compétences traditionnelles. Ce scénario fait ressortir la nécessité de la R-D et de nouveaux produits innovateurs. Même les nouvelles organisations doivent collaborer étroitement avec leurs clients à la mise au point de nouveaux matériaux et de nouveaux produits.

Examinons plus en détail ce troisième point de vue, étant donné qu'il sous-entend une orientation complètement nouvelle et un scénario de R-D différent.

Ce point de vue laisse entendre que le Canada pourrait tirer des leçons de l'exemple japonais, de la façon dont les entreprises japonaises conçoivent en fonction du marché ultime et répondent aux besoins de ce marché, et de la façon dont elles créent des *keiretsus* et d'autres liens industriels stratégiques en aval. Les sociétés Sumitomo Metals et Mitsubishi Metals sont deux exemples d'entreprises qui prennent de l'expansion en aval. Jadis sociétés surtout minières, toutes deux ont maintenant pris beaucoup d'expansion en s'intégrant en aval. L'alliance Sumitomo-Mazda est un parfait exemple d'étagement entre une entreprise de métaux non ferreux et une industrie cliente

(secteur de l'automobile). Les entreprises canadiennes pourraient-elles faire de même pour créer une synergie semblable? Devraient-elles le tenter? Quelles barrières faut-il éliminer ou surmonter? Ce scénario mérite d'être débattu. Il est certain que le niveau élevé des taux d'intérêt et du taux de change n'incite pas à faire les nouveaux investissements nécessaires.

Les entreprises canadiennes de métaux non ferreux devraient-elles s'intégrer en aval? À en croire le dernier point de vue, elles le doivent.

La mise au point, par les Allemands, du silicium, nouveau matériau indispensable à l'industrie de l'électronique, illustre bien l'intégration verticale en aval. Aujourd'hui, les firmes allemandes dominent à toutes fins pratiques l'industrie des matériaux de silicium : elles possèdent d'énormes capacités de développement et ont des liens bien établis en aval avec les industries clientes, notamment dans le secteur de l'électronique.

Les exemples canadiens comprennent celui d'Alcan et de Sherritt Gordon. Alcan a agrandi son unité en aval, Alcan Enterprises, qui regroupe ses 15 divisions de fabrication d'Amérique du Nord. Cette unité obtient un rendement du capital de 20 p. 100. Avec seulement 6 p. 100 du capital d'Alcan et 10 p. 100 de ses employés, elle produit 20 p. 100 de toutes les recettes de ventes d'Alcan[48]. Les ventes de produits fabriqués d'Alcan devraient augmenter de 6 p. 100 par année jusqu'en l'an 2000, tandis que ses ventes d'aluminium non traité ne devraient augmenter que de 2,5 p. 100 annuellement.

La société Sherritt Gordon s'est résolument orientée vers le secteur en aval. Ses priorités et plans de R-D reposent à la fois sur les besoins du marché et sur l'impulsion de la technologie. De plus, les accords de licence de sa technologie à l'étranger lui rapportent quatre millions de dollars par an, ce qui l'aide à financer ses propres investissements dans la R-D. Elle reçoit par ailleurs l'appui du gouvernement fédéral et du gouvernement albertain (à raison de 30 millions de dollars chacun). Pour chaque dollar investi dans la R-D, elle dépense un autre dollar en immobilisations. Elle s'est fixé un taux de rendement minimal de 30 p. 100 pour la mise au point de nouveaux produits[49]. L'entreprise fabrique également des flans de monnaie spécialisés.

Il existe de nombreux moyens d'établir des liens en aval : partenariats, alliances et acquisitions en sont des exemples. Dans le cas d'un partenariat, une entreprise de métaux pourrait collaborer directement à des recherches avec un client. Dans une alliance, l'entreprise pourrait partager les travaux de recherche avec le client pour assurer la complémentarité et éviter la répétition des efforts. Dans une acquisition, une entreprise de métaux non ferreux pourrait obtenir des intérêts majoritaires dans une entreprise cliente et pouvoir ainsi connaître directement les besoins de son client. Dans ce scénario, les entreprises de métaux cherchent activement à établir des liens qui les mettront en rapport direct avec l'utilisateur ultime de leurs matériaux. Le problème qui se pose aux chefs d'entreprise consiste à trouver une forme de jonction avec l'entreprise cliente que les deux parties puissent respecter. Un élément crucial est une plus grande appréciation du marché ultime (celui des produits finis). La mise au point, par des entreprises japonaises de métaux, de châssis d'aluminium pour les carrosseries d'automobiles illustre comment ce scénario fonctionne.

Conclusion

Avec son orientation relativement forte vers une stratégie axée sur l'amont, qui n'exige pas de grands investissements dans la R-D (contrairement à l'exploration), le secteur canadien semble négliger la R-D comparativement aux grandes entreprises japonaises de métaux non ferreux, qui lui consacrent d'énormes montants. Il faut dire que les entreprises japonaises, face à des conditions très différentes sur un marché intérieur de grande envergure et de haute technicité, se concentrent sur une stratégie axée sur l'aval, que stimule une étroite collaboration avec les utilisateurs ultimes.

Après avoir connu une grande réussite au cours des décennies précédentes, le secteur canadien des métaux non ferreux est aujourd'hui à la croisée des chemins. Dans quelle voie doit-il s'engager? Le secteur est dominé par quelques grandes entreprises à intégration verticale, qui sont des chefs de file mondiaux dans leurs compétences fondamentales en amont. Plusieurs entreprises ont choisi de se concentrer sur l'exploration, la construction des chantiers miniers, l'extraction, la fonte et l'affinage. Dans cette voie, l'objectif consiste à réduire les coûts de production en minimisant les prix de revient et en augmentant la productivité. Vu les circonstances qui prévalent depuis une dizaine d'années, les entreprises qui ont choisi cette voie ont trouvé difficile de rester compétitives dans le secteur mondial de la production minérale.

Plusieurs autres entreprises ont tenté (avec des résultats mitigés) de se lancer dans des secteurs connexes en aval pour fabriquer des produits à plus forte valeur ajoutée. Dans cette voie, l'objectif consiste à faire reposer la compétitivité sur la fabrication de produits qui se différencient par leur qualité et leur performance supérieure ou par d'autres caractéristiques.

Il semble douteux que le secteur des métaux non ferreux puisse maintenir son envergure actuelle au Canada dans les dix années à venir en misant sur une stratégie essentiellement axée sur les activités en amont. Il est fort probable que des pressions pousseront à investir dans des activités minières et dans des compétences à l'étranger. Le secteur peut-il se maintenir et attirer les investissements nécessaires pour prendre une expansion décisive en aval et procéder à des acquisitions ou fusions ou former avec les utilisateurs ultimes des partenariats ou des alliances qui stimuleront la R-D et leur permettront de se doter de compétences fondamentales différentes? Plus important encore, peut-il se permettre de ne pas le faire?

L'expansion en aval exige de gros investissements, des fusions et des acquisitions, une R-D innovatrice, une bonne maîtrise et, de la part de tous les échelons gouvernementaux, un effort concerté pour mettre en place les politiques d'aide nécessaires. Pour que le secteur puisse rester rentable dans les dix prochaines années, il faut débattre, à l'échelle nationale, des moyens d'appuyer et de soutenir les entreprises qui s'engagent dans cette voie.

Annexe — Cadre d'analyse des stratégies en matière de technologie

Dans le cadre de la méthode d'analyse de chaque secteur, le Conseil des sciences du Canada a cherché, dans la mesure du possible, à évaluer les stratégies des entreprises en matière de technologie conformément au schéma suivant :

produit			
procédé			
	adoption et adaptation	innovation	percée

Catégories de stratégies

Adoption et adaptation : Acquérir une technologie et l'adapter afin de s'en servir pour soutenir la concurrence.

Innovation : Améliorer progressivement la technologie gagnante afin d'obtenir une plus grande part du marché ou de conserver son avantage concurrentiel.

Percée : Chercher à créer une discontinuité sur le marché et, par ce moyen, devancer les concurrents.

Les études de cas d'entreprises ont généralement porté sur au moins sept paramètres clés qui influent sur la stratégie d'une entreprise en matière de technologie :

- trois paramètres internes :
  - la position concurrentielle,
  - la capacité d'innover,
  - la stratégie et la vision;
- quatre paramètres externes :
  - les demandes du client,
  - la rivalité concurrentielle,
  - les conditions d'approvisionnement,
  - la technologie disponible.

La méthode prévoyait aussi essentiellement un processus en trois étapes pour chaque secteur. Dans la première étape, un ou plusieurs entrepreneurs ont analysé les éléments principaux de la compétitivité et de la performance en matière de R-D du secteur canadien et de ses principaux concurrents étrangers. La deuxième étape comprenait l'évaluation du ou des rapports préparés à contrat, la discussion avec les entrepreneurs et autres experts, une recherche maison supplémentaire et la préparation d'une ébauche de rapport du Conseil. Au cours de la troisième étape, des spécialistes de l'extérieur ont formulé des observations sur l'une ou sur plusieurs des ébauches du rapport du Conseil,

qui ont alors été révisées et raffinées au besoin, à la suggestion de la personne ressource de ce secteur au sein du comité chargé du projet (*voir* les remerciements). Pour certains secteurs, la troisième étape comptait aussi la participation de plusieurs spécialistes de l'extérieur dans le cadre d'un petit atelier de travail, dont une partie a permis de définir certains éléments d'un plan d'action possible pour le secteur. Le rapport a ensuite été soumis pour approbation finale au Comité de direction du Conseil des sciences, avant d'être envoyé à Industrie, Sciences et Technologie Canada.

Notes

1. John E. Tilton, «Changing trends in metal demand and the decline of mining and mineral processing in North America», *Resource Policy*, vol. 15, n° 1, mars 1989, p. 13.

2. *Ibid.*, p. 18.

3. Raymond F. Mikesell et John W. Whitney, *The world mining industry: investment strategy and public policy*, Boston, Allen & Unwin, 1987, p. 167.

   La nature de l'évolution des prix réels des métaux prête à controverse. Les données fournies par l'Association minière du Canada indiquent que l'indice canadien des prix réels des métaux est passé de 119,5 en 1965 à 109,6 en 1990 (1971 = 100). Comme les cycles économiques normaux influent sur les prix, il faut comparer les crêtes et creux cycliques à des points correspondants de cycles antérieurs ou postérieurs. Comme l'indice de 119,5 enregistré en 1965 était proche d'une crête, il faudrait le comparer à, disons, celui de 1989 (132,55), qui était lui aussi proche d'une autre crête cyclique. Cette comparaison montre que les prix réels ont augmenté et non baissé. Que dire de la comparaison de l'indice de 1965 à celui de 1986, année de prospérité économique dans l'ensemble? Cette année-là, l'indice canadien des prix des métaux était de 93,7, ce qui représentait une forte baisse par rapport à vingt ans auparavant. Pendant la majeure partie de la fin des années 1950, l'indice s'est situé entre 70 et 80.

   Au cours des dix dernières années, la baisse a été prononcée. L'indice des prix est passé de 178,85 en 1980 à 109,57 en 1990. L'un dans l'autre, les prix réels semblent chuter, bien qu'une sélection judicieuse des années de comparaison puisse montrer des résultats différents.

4. *Ibid.*, p. 20.

5. Tilton, *op. cit.*, p. 20.

6. *Ibid.*, p. 18.

7. *Ibid.*, p. 347.

8. Mikesell et Whitney, *op. cit.*, p. 57.

9. *Ibid.*, p. 174.

10. *Ibid.*, p. 173.

11. Corporate Directions Inc., *The Japanese nonferrous metals industry, industry structure and technology strategies*», rapport préparé à contrat pour le Conseil des sciences du Canada, 1990 (inédit), p. 20.

12. *Ibid.*, p. 31.

13. *Ibid.*, p. 36.

14. *Ibid.*, p. 41.

15. Simon Hunt, «World supply-demand pattern for metals in the 1990s», *Prospects for Minerals in the 90s*, Peter Richardson et Renka Gesing, éds, Kingston, université Queen's, 1988, pp. 58-59.

16. Statistique Canada, *Annuaire du Canada 1990*, Ottawa, Approvisionnements et Services Canada, 1989, pp. 10-11.

17. Canada Consulting Cresap, *Mining and mineral processing: in-depth analysis*, rapport préparé à contrat pour le Conseil des sciences du Canada, 1990 (inédit), p. 6.

18. Margot Wojciechowski, *Research and development in the mineral sector*, sommaire préparé pour le CANMET, Kingston (Ontario), Centre des études de ressources, 1989, p. 19.

19. Robert Telewiak, Division des métaux non ferreux, Énergie, Mines et Ressources Canada, communication personnelle.

20. Canada Consulting Cresap, *op. cit.*, p. 11.

21. Industrie, Sciences et Technologie Canada, *Fonte et affinage du nickel*, Ottawa, Profil de l'industrie, série de 1988, p. 4.

22. *Ibid.*, *Produits semi-ouvrés des métaux non ferreux*, Ottawa, Profil de l'industrie, série de 1988, p. 1.

23. *Ibid.*

24. *Ibid.*

25. Margot Wojciechowski, *op. cit.*

26. Canada Consulting Cresap, *op. cit.*, p. 24.

27. Margot Wojciechowski, *op. cit.*, p. 9.

28. Conseil canadien de l'industrie minière sur la technologie, *Research, development and exploration spending by Canadian mineral producers: a survey*, Ottawa, automne 1990. Cité avec la permission du Conseil.

29. Canada Consulting Cresap, *op. cit.*, pp. 34-35.

30. *Ibid.*, p. 17.

31. *Ibid.*, p. 5.

32. *Ibid.*, p. 6.

33. *Ibid.*, p. 15.

34. Canada Consulting Cresap, *op. cit.*, p. 61, en conjonction avec une communication personnelle de la société INCO au Conseil des sciences du Canada.

35. M. Jonathan Peck, directeur de laboratoire et professeur adjoint, Centre canadien d'automatisation et de robotique minières (CCARM), département de génie minier et de métallurgie, entrevue, université McGill, juin 1991.

36. *Ibid.*

37. *Ibid.*

38. *Ibid.*

39. *Ibid.*

40. *Ibid.*

41. Canada Consulting Cresap, *op. cit.*, p. 70.

42. Marilyn Scales, «The next decade of change», Canadian Mining Journal, décembre 1989, p. 14.

43. Canada Consulting Cresap, *op. cit.*, p. 62.

44. C. George Miller, «Mine Environment Neutral Drainage (MEND) program», *Canadian Mining Journal*, août 1989, p. 35.

45. David G. Haglund, éd., *The New Geopolitics of Minerals: Canada and International Resource Trade*, Vancouver, The University of British Columbia Press, 1989, p. 42.

46. Canada Consulting Cresap, *op. cit.*, p. 92.

47. Ces trois points de vue ont été présentés lors d'une réunion à laquelle participaient des représentants du Conseil des sciences du Canada et divers membres du secteur des métaux non ferreux, tenue à Toronto en octobre 1991.

48. Kevin Dougherty, «Alcan's powerful mystery man», *Financial Post*, 11 novembre 1991, p. 13.

49. Communication personnelle de la société Sherritt Gordon au Conseil des sciences du Canada.